



# **ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UM EMPREENDIMENTO COMERCIAL.**

**FELIPE FARIAS MENELAU DE ALMEIDA**

Novembro de 2019

# **ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UM EMPREENDIMENTO COMERCIAL.**

Felipe Farias Menelau De Almeida

1170269

**2019**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Mecânica



# **ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UM EMPREENDIMENTO COMERCIAL.**

Felipe Farias Menelau De Almeida

1170269

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Energias Sustentáveis, realizada sob a orientação do Prof. Tiago Branco Andrade.

**2019**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Mecânica



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais por proporcionarem-me condições para vir à Portugal e cursar este mestrado. Também gostaria de agradecer a todos os docentes do P. PORTO, meus colegas de turma e amigos que fizeram parte desta minha jornada durante estes dois anos. Deixo um agradecimento especial para o meu orientador Prof. Tiago Branco de Andrade, Prof <sup>a</sup>. Nídia Caetano e ao Prof. Carlos Felgueiras.

Também não poderia deixar de agradecer à duas pessoas que nos últimos meses tive a oportunidade de conhecer as quais desempenharam um papel fundamental no meu desenvolvimento profissional e pessoal. A Ana Luiza Matos por auxiliar-me e ajudar-me a desenvolver minhas competências profissionais e a Cristina Azinhal por ajudar-me em meu desenvolvimento pessoal.



## **PALAVRAS CHAVE**

Autossuficiente por energia, análise financeira e de sensibilidade, sistema solar fotovoltaico, solução viável.

## **RESUMO**

A evolução do aproveitamento da energia solar fotovoltaica nos últimos anos tem sido muito elevada. A diminuição do seu preço, permite que seja uma opção cada vez mais viável para a produção de energia eléctrica. Com a introdução da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, foi possível aumentar o incentivo à geração própria de energia eléctrica através de fontes renováveis. O presente trabalho propõe uma análise de viabilidade económico-financeira para uma implementação de um sistema solar fotovoltaico em um empreendimento comercial localizado na cidade do Recife. O sistema em questão foi desenvolvido como um projeto o qual terá a finalidade de apresentar uma solução viável para os altos custos por energia eléctrica que o empreendimento tem apresentado nos últimos anos, e se possível, deste modo tornando-o autossuficiente por energia. Assim, será apresentado o projecto, as etapas e acções técnicas para a sua implementação, o enquadramento legislativo e uma avaliação económica financeira. A análise e colheita de dados foi realizada com base no histórico de consumos e previsões solares para o local em questão. Após a análise económica financeira, e uma vez que existem algumas variáveis importantes para a viabilidade do projeto, foi realizada uma análise de sensibilidade em três cenários distintos. Foi possível verificar que de fato há viabilidade na implementação do projeto.





**KEYWORDS**

*Economic and financial viability analysis, feasible solution, self-sufficient for electricity, solar photovoltaic systems.*

**ABSTRACT**

*The evolution of the use of photovoltaic solar energy in recent years has been very high. Reducing its price makes it an increasingly viable option for the production of electricity. With the introduction of ANEEL Normative Resolution No. 482, it was possible to increase the incentive to own electricity generation through renewable sources. The present project proposes an economic-financial feasibility analysis for a photovoltaic solar system implementation in a commercial enterprise located in Recife. The system in question was developed as a project which will have the purpose to present a viable solution for high electricity costs, which the enterprise has been presented in the last years, and if possible, thus making it self-sufficient by energy electricity. Thus, the project will be divided, into the steps and technical actions for its implementation, the legislative framework and an economic and financial evaluation. An analysis and data collection were performed based on the history of solar consumption and results for local issues. After an economic and financial analysis, and since there are some important variables for project viability, a sensitivity analysis was performed in three different scenarios. It was possible to verify the fact that there is viability in the project implementation.*



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

ABGD	Associação Brasileira de Geração Distribuída
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
CERESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
DPS	Dispositivos de proteção contra surtos elétricos
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IEA	<i>International Energy Agency</i>
REN	Resolução Normativa
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
VAL	Valor atual líquido

### Lista de Unidades

kWh	Kilowatt hora
kWp	Kilowatt pico
MWh	Megawatt hora

### Lista de Símbolos

AC	Corrente alternada
DC	Corrente contínua
R\$	Real brasileiro



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – BENEFÍCIOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. ....	3
FIGURA 2 – TIPOS DE RADIAÇÃO SOLAR (VILLALVA, 2015). ....	7
FIGURA 3 – TRAJETÓRIA DO SOL DURANTE O ANO ( <i>THE SOLAR PLANNER</i> , 2013). ....	7
FIGURA 4 – FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA LIGADO A REDE ELÉTRICA (SATRIX, 2019). ....	8
FIGURA 5 – SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO (RESENDE, 2019). ....	8
FIGURA 6 – SISTEMA SOLAR NA ESTAÇÃO AMERICANA NA ANTÁRTICA (RENEWABLE, 2018). ....	9
FIGURA 7 – SISTEMA SOLAR FLUTUANTES EM SINGAPURA (CHAPMAN, 2018). ....	9
FIGURA 8 – SISTEMA SOLAR NUMA ILHA REMOTA DO PACÍFICO (SHAREAMERICA, 2016). ....	9
FIGURA 9 – SISTEMA SOLAR NO DESERTO DO QUATAR (LAYLIN, 2014). ....	9
FIGURA 10 – VARIEDADE DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS (SVARC, 2019). ....	10
FIGURA 11 – EXEMPLO DE INVERSORES DE CORRENTE (REIS, 2018). ....	11
FIGURA 12 – DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO ELÉTRICA (PORTAL ELETRICISTA, 2016). ....	12
FIGURA 13 – ESTRUTURA MÓDULO FOTOVOLTAICO (PATNYSYSTEMS, 2019). ....	13
FIGURA 14 – PANIFICADORA RIO TEJO LTDA. ....	22
FIGURA 15 – ETAPAS E AÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO. ....	23
FIGURA 16 – FATURA DE ENERGIA DO EMPREENDIMENTO. ....	24
FIGURA 17 – SITE DA COMPANHIA DE ENERGIA DO ESTADO DE PERNAMBUCO (CELPE, 2019). ....	25
FIGURA 18 – HISTÓRICO DE CONSUMO DO EMPREENDIMENTO. ....	25
FIGURA 19 – BANDEIRAS TARIFÁRIAS (ANEEL, 2019). ....	26
FIGURA 20 – COMPARAÇÃO DA IRRADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL E ALEMANHA ( <i>SOLARGIS</i> , 2019). ....	27
FIGURA 21 – ÍNDICES DE IRRADIAÇÃO SOLAR EM RECIFE ( <i>SUNDATA</i> , 2019). ....	28
FIGURA 22 – LOCAL DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA ( <i>GOOGLE EARTH</i> , 2019). ....	30
FIGURA 23 – VISTA PANORÂMICA DA PANIFICADORA RIO TEJO ( <i>GOOGLE EARTH</i> , 2019). ....	31
FIGURA 24 – EXEMPLO DE UM SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA (ANEEL, 2016). ....	32
FIGURA 25 – EXEMPLO DE AUTOCONSUMO REMOTO (BLUESOL, 2016). ....	33
FIGURA 26 – NÍVEIS DE IRRADIAÇÃO SOLAR DA CIDADE DE GRAVATÁ ( <i>SUNDATA</i> , 2019). ....	34
FIGURA 27 – LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE GRAVATÁ ( <i>GOOGLE EARTH</i> , 2019). ....	35

---

FIGURA 28 – VISITA TÉCNICA DO TERRENO ( <i>GOOGLE EARTH</i> , 2019).....	36
FIGURA 29 – DADOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	37
FIGURA 30 – <i>DATASHEET</i> MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	68

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CRITÉRIO VAL (CLEMENTE, 2001). .....	17
TABELA 2 – CRITÉRIO TIR (MARQUEZAN, 2006). .....	19
TABELA 3 – COORDENADAS GEOGRÁFICAS DO EMPREENDIMENTO (DB CITY, 2019). .....	28
TABELA 4 – COORDENADAS GEOGRÁFICAS DO TERRENO EM GRAVATÁ (DB CITY, 2019). .....	34
TABELA 5 – GERAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO. ....	38
TABELA 6 – CENÁRIO PROPOSTO. ....	44
TABELA 7 – CENÁRIO ATUAL. ....	44
TABELA 8 – ECONOMIA DO SISTEMA. ....	45
TABELA 9 – INVESTIMENTO DO SISTEMA. ....	46
TABELA 10 – CASH FLOW ACUMULADO DO INVESTIMENTO. ....	47
TABELA 11 – CRITÉRIOS PARA ANÁLISE FINANCEIRA DO PROJETO. ....	50
TABELA 12 – RESULTADOS DA VIABILIDADE DO PROJETO. ....	50
TABELA 13 – ANÁLISE FINANCEIRA CENÁRIO 1. ....	51
TABELA 14 – CONCLUSÃO CENÁRIO 1. ....	52
TABELA 15 – ANÁLISE FINANCEIRA CENÁRIO 2. ....	52
TABELA 16 – CONCLUSÃO CENÁRIO 2. ....	53
TABELA 17 – ANÁLISE CENÁRIO 3. ....	53
TABELA 18 – CONCLUSÃO CENÁRIO 3. ....	54
TABELA 19 – VARIÁVEIS DO PROJETO. ....	54
TABELA 20 – ANÁLISE FINANCEIRA DO PROJETO COM NOVAS VARIÁVEIS (+20%). ....	55
TABELA 21 – ANÁLISE FINANCEIRA COM NOVAS VARIÁVEIS (-20%) .....	55
TABELA 22 – CASH FLOW DO PROJETO PARTE 1. ....	69
TABELA 23 – CASH FLOW DO PROJETO PARTE 2. ....	69
TABELA 24 – CASH FLOW DO PROJETO PARTE 3. ....	69





## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	2
1.1	Contexto .....	2
1.2	Motivação e relevância .....	3
1.3	Objetivo .....	4
1.4	Organização da dissertação .....	4
2	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA; CONCEITOS E APLICAÇÕES .....	6
2.1	CONCEITOS DA ENERGIA SOLAR .....	6
2.1.1	RADIAÇÃO SOLAR .....	6
2.1.2	DECLINAÇÃO SOLAR .....	7
2.2	SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	8
2.3	SISTEMAS FOTOVOLTAICO LIGADOS À REDE ( <i>On grid</i> ) .....	9
2.3.1	Módulos fotovoltaicos .....	9
2.3.2	Inversor .....	11
2.3.3	Dispositivos de proteção elétrica .....	12
2.3.4	Estruturas de fixação .....	13
3	ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTO .....	16
3.1	Avaliação de projetos de investimento .....	16
3.2	Projeto e rendibilidade .....	16
3.3	<i>Cash flow</i> do projeto .....	16
3.4	Métodos de avaliação .....	17
3.4.1	Valor atualizado líquido (VAL) .....	17
3.4.2	Taxa de atualização .....	18
3.4.3	Taxa interna de rentabilidade (TIR) .....	18

3.4.4	Período de recuperação ( <i>Payback period</i> ) .....	19
3.4.5	Índice de rentabilidade.....	20
3.5	Análise de sensibilidade .....	20
4	ESTUDO DE CASO .....	22
4.1	INTRODUÇÃO .....	22
4.2	IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	23
4.2.1	Análise do consumo de energia elétrica .....	24
4.2.2	Análise do recurso solar .....	27
4.2.3	Espaço disponível e características do local .....	29
4.2.4	Análise da legislação.....	31
4.2.5	Análise do novo local.....	34
4.2.6	Dimensionamento do sistema solar fotovoltaico.....	36
5	ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS.....	42
5.1	Dados.....	42
5.1.1	Preço da energia elétrica.....	42
5.1.2	Variação do preço da energia (kWh) .....	43
5.1.3	Economia proporcionado pelo sistema fotovoltaico .....	44
5.1.4	Valor do investimento .....	46
5.2	Estudos económicos e financeiros .....	47
5.2.1	Taxa de atualização .....	47
5.2.2	Cash flow acumulado do investimento .....	47
5.2.3	Análise de viabilidade económico financeira .....	49
5.3	ANÁLISE DE CENÁRIOS .....	51
5.3.1	Análise do investimento no cenário 1 .....	51
5.3.2	Análise do investimento no cenário 2 .....	52
5.3.3	Análise do investimento no cenário 3 .....	53

---

6	CONCLUSÕES.....	58
6.1	TRABALHOS FUTUROS.....	59
7	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	62
8	ANEXOS .....	68



# INTRODUÇÃO

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto

A matriz energética do Brasil é composta por mais de 80 % por energias renováveis, sendo a energia hídrica a de maior representatividade com aproximadamente 65% segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publicados no ano de 2018. Apesar desta alta representatividade por fontes limpas em sua matriz, o Brasil ainda possui uma dependência por fontes fósseis, com o uso de usinas termoeletrica para suprir as insuficiências na geração de energia elétrica causadas por baixo índices pluviométricos em determinados períodos do ano. O fato da energia ser gerada por usinas termoeletricas, causam grandes variações no valor de venda da energia, uma vez que os custos para produzi-las são elevados (EPE,2018).

As variações da energia são feitas através de acréscimos de tarifas junto aos valores das faturas de energia. Mediante isto, os consumidores cativos brasileiros, aqueles que compram energia das empresas que distribuem a energia, são os mais prejudicados, ficando expostos aos constantes aumentos dos preços. Em termos quantitativos, entre os anos de 2014 e 2017 foi calculado um acúmulo médio de 31,5 % nas faturas de energias e para o ano de 2018 foi feita uma estimativa de que este aumento médio acumulado chegue a 44 %. Os consumidores que mais têm sido afetados com as variações dos preços de energia elétrica são os consumidores residenciais e de empreendimentos comerciais com instalações de baixa potência (Lins, 2018). No entanto no ano de 2012, foi aprovada uma resolução normativa pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), agência que regula o mercado de energia brasileiro. Esta normativa teve como finalidade incentivar os consumidores brasileiros a gerarem suas próprias energias por fontes renováveis ou cogeração, visando trazer uma mudança expressiva na legislação de energia. Com esta mudança espera-se proporcionar aos consumidores maior liberdade de escolha e autonomia em seus sistemas elétricos.

Para este trabalho, será estudada uma implementação de um sistema de geração fotovoltaico para suprir todo o consumo de energia elétrica de um empreendimento comercial localizado na cidade do Recife. Nesta implementação será apresentado um projeto para um sistema solar fotovoltaico, contento; as etapas e ações para sua implementação, as análises técnicas utilizadas, o seu enquadramento mediante a legislação de energia atual e uma avaliação econômico financeira a fim de constatar se o projeto apresenta viabilidade financeira ao empreendimento.

## 1.2 Motivação e relevância

A energia solar fotovoltaica encontra-se mais barata do que nunca, e está a se tornar uma das opções mais viáveis para incorporar novas produções de energia elétrica. O seu custo tem diminuído consideravelmente, enquanto que sua capacidade instalada tem se expandido de forma acelerada, quando comparadas com as fontes fósseis (Junko, 2018). A energia solar alcançou um recorde no ano de 2017, com um crescimento de 40 % em geração de energia (Bahar, 2019).

A utilização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede ganhou notoriedade no ano de 2012, devido à Resolução Normativa nº 482 imposta pela ANEEL. Esta normativa tem possibilitado a geração descentralizada de energia elétrica através do que chamam de geração distribuída, utilizando fontes renováveis ou de cogeração qualificada (Villalva, 2015). Em dias atuais o seu crescimento tem ocorrido em virtude de; uma série de incentivos governamentais, disseminação tecnológica, diminuição do custo dos equipamentos, baixos custos por manutenção e a não complexidade na operação e instalação do sistema (Naruto, 2017).

A instalação demasiada de pequenas centrais de geração distribuída, poderá contribuir para um aumento de geração de eletricidade em todo o país. Este fator também poderá contribuir em um racionamento de água nas hidrelétricas para períodos de seca e numa redução da necessidade de construções de novas usinas por fontes fósseis (Villalva, 2015). Além disto, podemos citar outras vantagens como por exemplo; benefícios ambientais, desenvolvimento socioeconômico e estratégico, como apresentado na figura abaixo (SAUAIA, 2018).

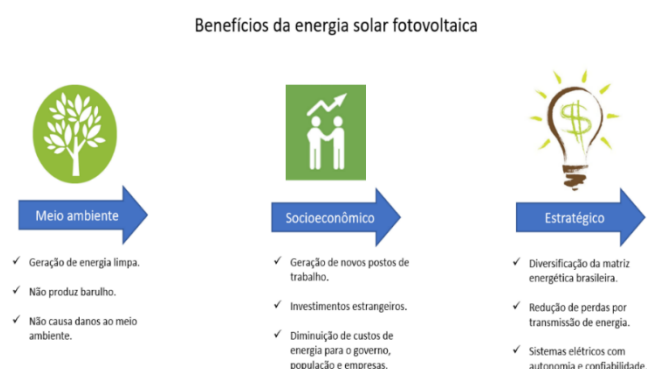


Figura 1 – Benefícios da energia solar fotovoltaica.



### 1.3 Objetivo

Neste trabalho pretende-se apresentar um estudo de viabilidade económico-financeira para a implementação de um sistema de geração de energia, utilizando a fonte solar fotovoltaica em um empreendimento comercial, visando suprir todo seu consumo por energia elétrica, cumprindo os requisitos propostos pela legislação em vigor no Brasil.

### 1.4 Organização da dissertação

Esta dissertação será dividida em oito capítulos;

- No primeiro capítulo será feita uma introdução, apresentando os motivos relevantes para o trabalho, os objetivos e como será definida sua estrutura.
- O segundo capítulo; terá uma abordagem teórica sobre conceitos da energia solar fotovoltaica, relevantes para o trabalho, visando que o leitor possua uma fácil compreensão nos capítulos subsequentes. Serão abordados temas sobre a energia solar e como se dá o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, descrevendo seus principais componentes e funções.
- O terceiro capítulo; será contextualizado conhecimentos sobre análise de projetos de investimentos os quais serão relevantes para a compreensão da análise de viabilidade financeira no final do trabalho.
- No quarto capítulo, será apresentado um estudo de caso em um empreendimento comercial, a fim de implementar um sistema fotovoltaico como solução para os altos custos por consumo de energia elétrica, utilizando conceitos presentes no segundo capítulo.
- No quinto capítulo; serão apresentados os dados e os resultados obtidos junto ao empreendimento e através dos cálculos financeiros. Este capítulo será importante para a conclusão do trabalho e englobará os conceitos presentes no segundo e terceiro capítulo.
- O sexto capítulo; será destinado para a conclusão do trabalho com uma sugestão para trabalhos futuros que servirá tanto para o presente trabalho, como qualquer outro que deseje implementar um sistema fotovoltaico para gerar energia.
- No sétimo capítulo; serão apresentadas todas as bibliografias e fonte de pesquisas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.
- O oitavo capítulo, será destinado aos anexos os quais poderão ser encontrados os *datasheets* dos equipamentos relevantes para o dimensionamento do sistema e as folhas de cálculo utilizadas para as análises financeiras.

# **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA; CONCEITOS E APLICAÇÕES**

## 2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA; CONCEITOS E APLICAÇÕES

Este capítulo será dividido em duas partes, a primeira será contextualizada os conceitos sobre energia solar, enquanto que a segunda parte abrangerá conceitos e aplicações da energia solar fotovoltaica.

### 2.1 CONCEITOS DA ENERGIA SOLAR

No centro do Sol ocorre uma intensa atividade nuclear a qual gera uma grande quantidade de radiação. Esta radiação emite uma energia em forma de luz chamada de fótons os quais não possuem massa física, porém carregam uma enorme energia e impulso. Os fótons podem conter energia ultra ou infravioleto, enquanto alguns podem conter luz visível. Em sua trajetória em direção à Terra, colidem-se, são desviados e até destruídos quando em contato a qualquer coisa que absorva radiação (Boxwell, 2016). Basicamente todas as energias aproveitadas pelos seres humanos têm suas origens vindas do Sol, sendo nossa principal fonte de energia, emitindo-as em formas de luz e calor. Essas energias são suficientes para suprir milhares de vezes as necessidades energéticas mundiais, porém apenas uma parte é aproveitada (Robert Foster et al, 2009).

#### 2.1.1 RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar é o recurso natural energético mais importante, pois é responsável por basicamente todos os processos naturais que ocorrem na Terra. O Sol fornece uma enorme porção de energia e boa parte é armazenada nos oceanos que ajudam a manter a temperatura em equilíbrio. Equilíbrio este que permite a estabilidade de diversos tipos de vida ao redor do planeta (Robert Foster et al, 2009). O termo radiação solar é usado de forma genérica, quando for utilizada em energia por unidade de área quadrada, denomina-se irradiação solar (CRESEB, 2014). Segundo (Villalva, 2015), existem quatro tipos de radiação;

- As diretas as quais correspondem a incidência direta dos raios solares em linha reta.
- As difusas que correspondem a incidência de raios solares que chegam indiretamente no plano.
- As refletidas que correspondem a incidência de raios solares no solo.
- As globais as quais correspondem a soma das radiações difusas, diretas e refletidas.

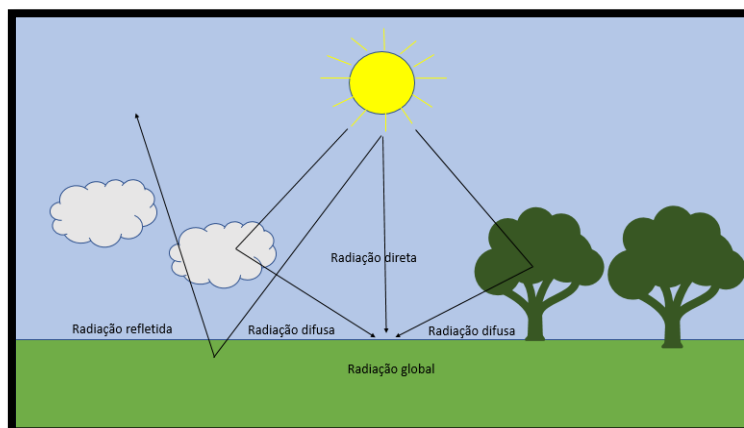


Figura 2 – Tipos de radiação solar (Villalva, 2015).

### 2.1.2 DECLINAÇÃO SOLAR

A intensidade de radiação a atingir a superfície do nosso planeta depende de uma relação geométrica entre a Terra e o Sol. O ângulo de inclinação da Terra é de  $23.45^\circ$  o qual mantém-se constante em toda sua trajetória ao redor do Sol. Este ângulo de inclinação é responsável por intensidades diferentes de radiação no planeta durante o ano. Portanto antes de ser instalado qualquer sistema fotovoltaico faz-se a necessidade de um estudo prévio no local a fim de conhecer os níveis de irradiação solar ao longo de um ano e sua trajetória durante o dia. (Robert Foster et al, 2009). A figura abaixo nos mostra como se comporta a trajetória do Sol em relação ao Sol ao longo do ano e de um exemplo prático de como a percebemos.

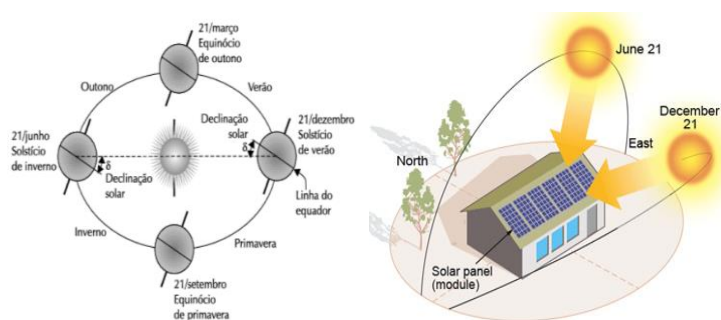


Figura 3 – Trajetória do Sol durante o ano (The solar planner, 2013).

Depois de contextualizado os conceitos sobre a energia solar, nos próximos itens vamos entender como se dá o aproveitamento da radiação solar em energia elétrica por meio dos sistemas fotovoltaicos.

## 2.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os sistemas fotovoltaicos apresentam um custo benefício e uma solução viável para fornecer eletricidade. Podem ser ligados à rede elétrica (*On-grid*) ou serem autônomos (*Off-grid*), apresentando características e componentes diferentes (Robert Foster et al, 2009).

Os sistemas autônomos ou isolados, como também são conhecidos, tem seu uso principalmente em locais desprovidos de rede elétrica. Seu sistema constitui módulos fotovoltaicos, bateria, controlador de carga e dependendo do projeto até um micro inversor. Esses sistemas apresentam vantagens em locais isolados, pois sua utilização compensa mais do que um gerador a diesel por exemplo, sendo mais baratos e não produzindo ruídos e poluição (Villalva, 2015).

Os sistemas fotovoltaicos ligados à rede são vantajosos, pois não necessitam utilizar baterias e controladores de cargas em seu sistema, tornando-os mais eficientes em relação aos sistemas isolados. Nesses sistemas, os módulos fotovoltaicos funcionam como o “coração” bombeando a energia para o sistema, já os inversores têm o papel de converter a corrente contínua gerada nos módulos em corrente alternada, ajustando a voltagem, dependendo da necessidade e sincronizando o sistema como um todo (Siqueira, 2013). Também operam em paralelismo com a rede de eletricidade e são empregados em locais já atendidos por energia elétrica, diferentemente dos sistemas autônomos. Esses sistemas também possibilitam gerar eletricidade para o consumo local, podendo reduzir ou eliminar o consumo da rede pública ou mesmo gerar excedentes de energia (Villalva, 2015). Nas figuras abaixo serão ilustrados os dois tipos de sistemas fotovoltaicos apresentados até momento. Na figura 4 será representado um sistema fotovoltaico autônomo, enquanto que na figura 5 será representado o funcionamento de um sistema ligado à rede elétrica.



Figura 5 – Sistema fotovoltaico autônomo (Resende, 2019).

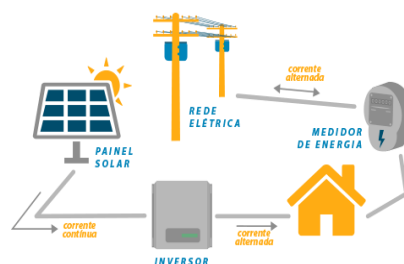


Figura 4 – Funcionamento de um sistema ligado a rede elétrica (Satrix, 2019).

Visto que o sistema proposto neste projeto será ligado à rede elétrica, no item a seguir será contextualizado como se dá seu funcionamento, junto as funções e características de cada um de seus principais componentes.

## 2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICO LIGADOS À REDE (*On grid*)

Neste item será apresentado e contextualizado como se dá o funcionamento de um sistema fotovoltaico. O mesmo será feito para os equipamentos que o compõem, os quais são; módulos fotovoltaicos, inversor, dispositivo de proteção elétrica e as estruturas de fixação, nesta ordem respectivamente.

### 2.3.1 Módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos funcionam como a unidade básica de um sistema fotovoltaico, sendo compostos de células fotovoltaicas conectadas em arranjos, os quais produzem tensões e correntes apropriadas para a utilização da energia elétrica, e assim possibilitando gerar energia em qualquer local do planeta por meio da energia radiação solar. Por este fator, esta tecnologia é utilizada como solução face à crise energética que o planeta atravessa (CRESESB, 2014). Para meios de ilustrar o que foi dito anteriormente, serão apresentadas quatro figuras relativas a sistemas fotovoltaicos localizados em alguns dos lugares mais remotos do planeta.

Figura 6 – Sistema solar na estação americana na Antártica (Renewable, 2018).



Figura 7 – Sistema solar flutuantes em Singapura (Chapman, 2018).



Figura 9 – Sistema solar no deserto do Qatar (Laylin, 2014).



Figura 8 – Sistema solar numa ilha remota do Pacífico (ShareAmerica, 2016).

### 2.3.1.1 Células fotovoltaicas

As células fotovoltaicas são fabricadas por uma variedade de materiais semicondutores, sendo o silício cristalino o mais utilizado com uma representatividade de mais de 90 % nas células comercializadas no mundo. Uma única célula pode ser conectada em série ou paralelo para obter voltagens e correntes necessárias (Robert Foster et al, 2009). Atualmente, existem diversas tecnologias para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos, as mais comuns encontradas no mercado, são: silício policristalino, silício monocristalino e a de filme fino de silício podendo ser flexíveis (Villalva, 2015). Na figura abaixo podemos observar os diferentes tipos de módulos fotovoltaicos que podem ser encontrados no mercado.

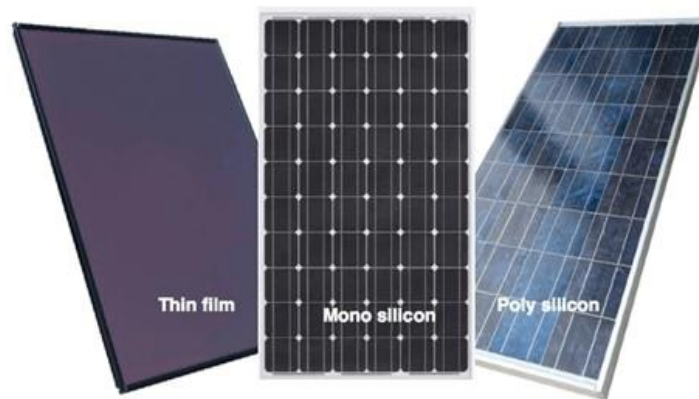


Figura 10 – Variedade das células fotovoltaicas (Svarc, 2019).

### 2.3.1.2 Funcionamento

O funcionamento dos módulos fotovoltaicos dá-se através do efeito fotovoltaico, um fenômeno descoberto no ano de 1839 por um físico francês, chamado Edmond Becquerel, que percebeu a produção de correntes elétricas em certos tipos de materiais, quando expostos a luz solar (Boxwell, 2016). O termo foto refere-se à luz e o voltaico a voltagem. Este termo descreve o processo de produzir uma corrente elétrica através da energia da radiação solar. O referente fenômeno pode ocorrer em materiais sólidos, líquidos e gasosos. Entretanto é nos materiais sólidos, especialmente em semicondutores que foram encontradas eficiências de conversão aceitáveis (Robert Foster et al, 2009).



### 2.3.1.3 Fatores que afetam a eficiência

Atualmente um único módulo fotovoltaico possui sua eficiência entre 13 e 16 % para policristalinos e de 14 e 21 % para monocristalinos. (Naruto, 2017). A exposição dos módulos às altas temperaturas, afetam diretamente a sua eficiência, ocasionando uma diminuição em sua potência e consequentemente perdas por eficiência na geração de eletricidade. (CRESESB, 2014).

O sombreamento parcial também é responsável pela queda da eficiência dos módulos fotovoltaicos, mediante a distribuição não uniforme da irradiância na superfície dos mesmos. Este fator pode até danificá-los, devido o surgimento de pontos quentes causados pelas incompatibilidades elétricas em suas conexões (Alonso, 2016).

### 2.3.2 Inversor

A corrente gerada pelos módulos fotovoltaicos é gerada em corrente contínua (DC), enquanto que as correntes presentes nas redes elétricas são alternadas (AC). Para a instalação de sistemas ligados à rede elétrica, faz-se a necessidade do emprego de um inversor de correntes no sistema (Boxwell, 2016). O inversor ou conversor CC-CA tem a função de converter a corrente contínua produzida pelos módulos fotovoltaicos em corrente alternada para que possa ser injetada na rede elétrica (Rüther, 2004). Os inversores apresentam uma grande importância nos sistemas conectados à rede elétrica, pois sem os mesmos seria impossível aproveitar a energia gerada nos módulos fotovoltaicos. A sua escolha está diretamente relacionada com a potência de geração dos módulos fotovoltaicos presentes no sistema fotovoltaico (Villalva, 2015). Na figura abaixo, será representada exemplos de inversores de corrente que podem ser encontrados no mercado.



Figura 11 – Exemplo de inversores de corrente (Reis, 2018).



### 2.3.3 Dispositivos de proteção elétrica

Os sistemas solares fotovoltaicos utilizam os mesmos dispositivos de proteção de um sistema elétrico. Esses dispositivos podem ser; chaves, fusíveis, disjuntores e os dispositivos de proteção contra surtos (DPS). É muito comum os projetistas de sistemas solares fotovoltaicos substituírem as chaves e fusíveis por disjuntores, a fim de evitar uma reposição dos mesmos (CRESESB, 2014).

Os disjuntores são capazes de proporcionar, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito e também de identificar e interromper correntes em condições anormais especificadas no circuito, como por exemplo as de curto-circuito (Niskier, 2015).

Os dispositivos de proteção contra surtos (DPS) são de grande importância para os sistemas fotovoltaicos, pois este dispositivo poderá proteger todo o sistema de possíveis sobretensões ocasionadas por descargas atmosféricas. É importante que a instalação do DPS esteja tanto no lado da corrente contínua (DC), quanto no lado da corrente alternada (AC) (Villalva, 2015).

A presença destes dispositivos nas instalações elétricas é de uso obrigatório conforme a norma brasileira ABNT NBR 5410, a qual deve satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, visando garantir um funcionamento adequado das instalações elétricas, segurança de pessoas e animais e conservação dos bens (ABNT NBR 5410, 2004). Na figura abaixo será representada dispositivos de proteção elétrica e como são empregados no sistema fotovoltaico.



Figura 12 – Dispositivos de proteção elétrica (Portal eletricista, 2016).

### 2.3.4 Estruturas de fixação

A estrutura de fixação é um suporte concebido, especialmente, para adaptação ao terreno e à latitude do local. Os módulos fotovoltaicos devem ser montados sobre esta estrutura as quais devem apresentar:

- Peso leve.
- Rigidez.
- Geometria adequada.

Essas especificações apresentadas junto às estruturas têm finalidade de proporcionar aos módulos fotovoltaicos, um melhor aproveitamento da incidência da irradiação vinda do Sol e uma melhor fixação no terreno, visando uma proteção contra ventos fortes. Essas estruturas podem ser utilizadas das seguintes formas (CRESESB, 2014):

- Em coberturas de edifícios.
- Terrenos.
- Postes.
- Fachadas de edifícios.

Estas estruturas são modulares por natureza, com possibilidade de serem trocadas e expandidas consoante a necessidade da unidade geradora (Robert Foster et al, 2009). O ângulo de inclinação das estruturas de fixação é calculado de acordo com a latitude do local a ser instalado. No hemisfério sul as estruturas de fixação juntamente com os módulos fotovoltaicos, devem ser instalados com a direção voltada para o Norte geográfico do local escolhido, visando um melhor aproveitamento da incidência solar sobre os mesmos. Já para instalações situadas no hemisfério norte, o processo torna-se ao contrário com os módulos e as estruturas voltadas para o sul geográfico do local escolhido (Villalva, 2015). Na figura abaixo será ilustrado alguns tipos de estruturas de fixação utilizadas pelos módulos fotovoltaicos, como mencionadas anteriormente.

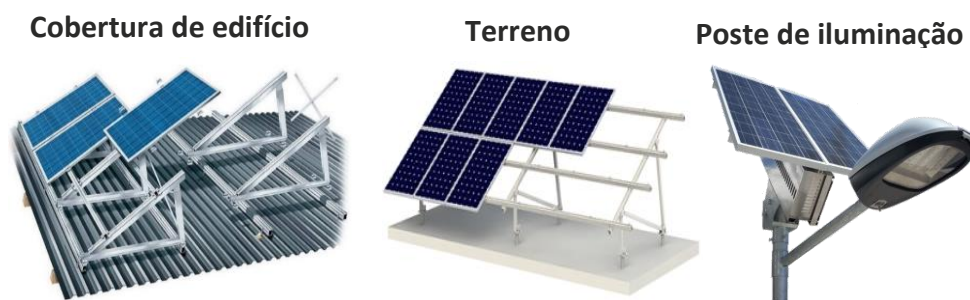


Figura 13 – Estrutura módulo fotovoltaico (Patnysystems, 2019).

Ao fim deste capítulo foi contextualizado conceitos sobre a energia solar e sistemas fotovoltaicos, seu funcionamento e componentes. Estes conceitos foram introduzidos ao leitor pois, serão importantes para um melhor entendimento do quarto capítulo, o qual será contextualizado a implementação de um sistema solar fotovoltaico ligado à rede em um empreendimento comercial.

Para o próximo capítulo, serão apresentados conceitos sobre à análise de projetos de investimento, o qual pretende-se contextualizar brevemente alguns conceitos que serão relevantes para à análise de viabilidade do projeto em questão, presente no quinto capítulo deste trabalho.

# **ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTO**

### 3 ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTO

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos relevantes para a análise de viabilidade económica financeira do projeto.

#### 3.1 Avaliação de projetos de investimento

O projeto de investimento pode ser entendido como um conjunto de informações com a finalidade de fundamentar uma decisão do investimento, estimando o seu valor o mais próximo possível da realidade. Podemos simplificar o termo investimento como uma ação presente da qual se espera obter benefícios futuros. Seu objetivo é de gerar lucro para um investidor, o qual deve-se atentar aos riscos que poderão surgir. A fim de prevê-los algumas técnicas de avaliação são utilizadas, as quais podem ser compreendidas entre métodos contabilísticos e medidas com base em um período de tempo e em fluxos financeiros descontados. Dos métodos contabilísticos podem ser utilizados o tempo de recuperação do investimento e a taxa de rentabilidade. Já os critérios como o valor atual líquido (VAL) e a Taxa interna de retorno (TIR) podem ser utilizadas para representarem as melhores oportunidades de investimento, facilitando a tomada de decisão do investidor sobre um investimento (Clemente, 2001).

#### 3.2 Projeto e rendibilidade

Projeto pode ser compreendido como um conjunto de atividades, interrelacionadas com o objetivo de produzir um resultado único com um orçamento e um período de tempo estabelecido. Já a rendibilidade compreende o percentual de ganhos que o investidor poderá ganhar mediante cada investimento realizado (Souza, 2004).

#### 3.3 *Cash flow* do projeto

O *cash flow* é uma das ferramentas mais utilizadas pelas ciências contabilísticas, referido por um fluxo monetário de entradas e saídas num determinado período de tempo e que muitas vezes é ligado a um projeto específico. Esses fluxos de entradas e saídas serão projetados para períodos futuros indicando como será o saldo de caixa para cada um. Por meio destas informações, o *cash flow* possibilitará ao investidor gerenciar os resultados e o influenciará em sua tomada de decisão (Santos, 2001).

No entanto, se um *cash flow* não for projetado corretamente, poderá trazer problemas futuros para o investidor, uma vez que as previsões de caixa não corresponderão à realidade. Além disto, vale ressaltar que o *cash flow*, não substituirá os métodos de análise de viabilidade económica financeira do projeto (Marquezan, 2006).

### 3.4 Métodos de avaliação

É comum que um investidor busque por investimentos rentáveis, para isso existem alguns métodos para avaliar o retorno do capital sobre um investimento, os quais terão uma importância na tomada de decisão do investidor (Santos, 2001). Nos próximos itens serão apresentados alguns métodos de avaliação de investimento mais utilizados.

#### 3.4.1 Valor atualizado líquido (VAL)

O valor atualizado líquido é muito utilizado em análises de investimento, pois nos permite perceber a influência do tempo em relação aos capitais, ou seja, a perda do capital futuro ao longo do tempo quando o mesmo for comparado ao seu valor presente em um determinado *cash flow* (Clemente, 2001). Para cálculo do VAL utilizaremos a seguinte fórmula;

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+i)^t} \quad \text{Equação 1}$$

Onde o  $t$  representa a quantidade de tempo que o capital foi investido no projeto, geralmente em anos e a começar do primeiro ano. Já o  $n$  representa a duração total do projeto, o  $i$  representa o custo de capital e o  $FC$ , o fluxo de caixa referente ao período (Souza, 2003). Na tabela abaixo, será representada como é feito a análise do critério do VAL, após seus resultados serem obtidos.

Tabela 1 – Critério VAL (Clemente, 2001).

- VAL > 0, o projeto é rentável.
- VAL = 0, o projeto é indiferente.
- VAL < 0, o projeto não é rentável.

Na tabela 1, podemos observar como é feito o critério utilizando o VAL, visando auxiliar o investidor na tomada de decisão em relação a viabilidade ou não de um projeto.

Para um projeto cujo VAL é negativo, ou seja, menor que zero deve-se ser rejeitado pois o projeto não apresentará ganhos algum ao investidor.

Já quando o VAL apresentar valor igual a zero, significa dizer que o investimento não trará benefício algum para o investidor, uma vez que apenas recuperará o valor investido e não terá lucros. No entanto quando o valor do VAL for maior que zero, significa dizer que para além de recuperar o valor do investimento, o investidor ainda poderá se beneficiar de lucros gerados pelo projeto (Santos, 2001). Vale ressaltar que numa análise entre dois projetos de investimento utilizando este critério, será preferível a escolha daquele que detiver do VAL mais elevado (Souza, 2003).

### 3.4.2 Taxa de atualização

A taxa de atualização pode ser definida como uma taxa de juros a qual deve ser aplicada para a atualização de rendimentos futuros, visando obter o seu valor atual. Em um investimento, esta taxa pode ser utilizada como critério na tomada de decisão, pois seu valor representa os riscos que o investidor estará exposto. Esta taxa deverá ser comparada com os resultados obtidos pela taxa interna de rentabilidade a qual comparação será melhor percebida no item a seguir (Marquezan, 2006).

### 3.4.3 Taxa interna de rentabilidade (TIR)

A taxa interna de rentabilidade é um indicador que avalia a rentabilidade de um investimento em um período de tempo, igualando os valores presentes aos valores do retorno do investimento. A medida que o seu valor aumenta, significa dizer que o investimento trará mais atratividade ao investidor (Santos, 2001). Para cálculo do TIR utilizaremos a seguinte fórmula contendo as mesmas componentes para o cálculo do VAL;

$$VAL = 0 = \text{Investimento inicial} + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1 + TIR)^t} \quad \text{Equação 2}$$

Na tabela abaixo, será representada como é feito a análise do critério do TIR, após seus resultados serem obtidos.

Tabela 2 – Critério TIR (Marquezan, 2006).

- $TIR > TA$ , o projeto deve ser aceito.
- $TIR = TA$ , o projeto é indiferente.
- $TIR < TA$ , o projeto não deve ser aceito.

Na tabela 2, podemos observar como é feito o critério utilizando o valor do TIR para tomada de decisão em relação a viabilidade ou não do projeto. Ao invés de compararmos o valor da TIR a zero, vamos compará-la com a taxa de atualização a qual foi apresentada no item anterior. O critério se comporta com uma lógica similar ao critério do VAL, quando o valor do TIR for maior do que a taxa de atualização exigida pelo investidor o projeto apresentará condições atrativas de investimento. Já nos outros dois cenários o investimento não apresentará atratividade alguma ao investidor, portanto é preferível que o projeto não seja aceito (Marquezan, 2006).

#### 3.4.4 Período de recuperação (*Payback period*)

O período de recuperação ou como também conhecido *payback period*, é um indicador muito utilizado em análises de investimento e muito adequado para a mensuração dos riscos. Este método é compreendido por apresentar ao investidor o tempo em que o seu investimento lhe trará rentabilidade, através da comparação entre o valor do investimento com os rendimentos acumulados do investimento. Quando estes valores tornarem-se iguais, o investimento será pago, e assim possibilitando ao investidor saber o período de tempo que se deu este retorno (Souza, 2003). Para cálculo do *Payback* utilizaremos a seguinte fórmula;

$$Payback = \text{valor do investimento} - \text{rendimentos acumulados} \quad \text{Equação 3}$$



### 3.4.5 Índice de rentabilidade

Este índice é fundamental para o investidor, pois o permitirá saber qual é a eficiência do projeto em gerar lucros. Também pode ser compreendido como um critério na tomada de decisão permitindo avaliar se as estratégias foram adotadas corretamente. O índice de rentabilidade é muito similar ao método do VAL visto anteriormente, no entanto se diferencia por dois aspectos (Santos, 2001);

- leva em consideração a dimensão relativa do investimento.
- apresenta uma medida de rentabilidade por unidade de capital investido.

$$\text{Índice de rentabilidade} = \frac{\text{Total de entradas atualizadas}}{\text{Total de saídas atualizadas}} \quad \text{Equação 4}$$

### 3.5 Análise de sensibilidade

O estudo da análise de sensibilidade de um projeto tem por objetivo verificar os impactos que alguns pressupostos, após uma alteração em seus valores podem afetar a rentabilidade de um investimento. (Soares et al, 2008). Para esta análise, deverá ser feito um estudo nas componentes do projeto a fim de determinar quais as variáveis de maior incerteza, ou seja, quais são as variáveis críticas. A identificação destas variáveis será de grande importância para o projeto, pois servirá como uma medida de redução do risco para o investimento, permitindo reduzir as incertezas. Após a sua identificação, será necessário substituí-las para que sejam recalculados o fluxo financeiro do projeto de modo a analisar o impacto que o investimento sofre sobre as mesmas (Cebola, 2013).

Ao fim deste capítulo, foi abordado contextos sobre a importância da análise de projeto de investimento junto aos seus critérios de avaliação, os quais terão relevância nos próximos capítulos. Vale ressaltar que todas as fórmulas de cálculos apresentadas até o momento, serão utilizadas nas folhas de cálculo do *software* microsoft excel.

No capítulo a seguir, será apresentado o estudo de caso deste trabalho, contendo todas as informações e dados analisados no empreendimento durante os meses de junho/2018 a maio/2019.

# ESTUDO DE CASO

## 4 Estudo de caso

Neste capítulo será apresentada a implementação de um sistema solar fotovoltaico como solução para diminuir o alto consumo de energia elétrica em um empreendimento comercial.

### 4.1 INTRODUÇÃO

A Panificadora Rio Tejo Ltda localiza-se na cidade do Recife, possuindo mais de trinta anos no sector do comércio alimentício, oferecendo uma variedade de serviços e produtos diariamente. Nos últimos anos foi percebido altos custo por consumo de energia elétrica no empreendimento, devido as constantes variações do preço de energia. No decorrer de 12 meses a analisar as faturas de energia, foi constatado que o empreendimento apresentava um alto custo por consumo de energia elétrica e que a depender do mês os custos por energia podiam representar até 30 % do valor do seu faturamento mensal, tornando-o seu maior custo atual.

Este estudo de caso tem como objetivo estudar a implementação de um sistema solar fotovoltaico, visando tornar o empreendimento autossuficiente por energia elétrica. Esta implementação visa não só uma economia ao proprietário, como também trazer benefícios ao meio ambiente, visto que a geração por energia fotovoltaica não emite agentes poluentes a atmosfera. Nos próximos itens serão apresentadas as etapas e ações para implementação de um sistema fotovoltaico, junto a análises e interpretações dos dados coletados.



Figura 14 – Panificadora Rio Tejo Ltda.

## 4.2 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Neste item, serão apresentadas as etapas que serão utilizadas para a implementação de um sistema fotovoltaico. Para termos de organização estrutural do trabalho e de uma melhor compreensão do leitor, será representado na figura abaixo um diagrama explicativo contendo todas as etapas que serão utilizadas nesta implementação junto com as respectivas ações que deverão ser feitas.

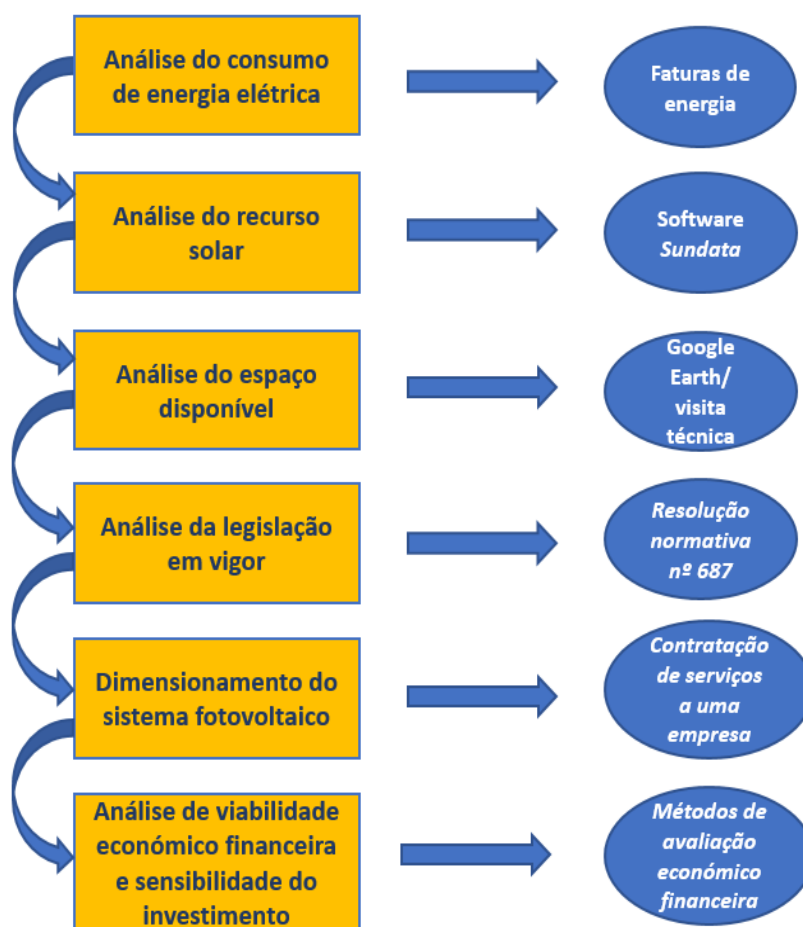


Figura 15 – Etapas e ações para implementação de um sistema fotovoltaico.

#### 4.2.1 Análise do consumo de energia elétrica

A análise do consumo de energia elétrica foi feita por meio de uma coleta de dados junto às últimas faturas de energia elétrica do empreendimento em questão, disponibilizadas pelo proprietário. Na figura abaixo, podemos observar uma fatura de energia a qual nos possibilita o conhecimento do consumo por energia, o valor a pagar, os impostos cobrados, o valor de venda do kWh e algumas características da instalação elétrica do empreendimento.

[illegible]

Figura 16 – Fatura de energia do empreendimento.

Para uma maior precisão no dimensionamento do sistema fotovoltaico, foi feita uma análise nas faturas de energia buscando coletar o consumo de energia durante 12 meses, a fim de constatar as quantidades de energia consumidas em cada mês. Para acesso a esses dados foi necessário o número da conta contrato junto ao proprietário a fim de introduzi-lo no site da companhia elétrica do Estado de Pernambuco, e assim possibilitar-nos um acesso ao histórico do consumo do empreendimento nos últimos 12 meses, referente aos meses de junho/2018 a maio/2019.



Figura 17 – Site da companhia de energia do estado de Pernambuco (Celpe, 2019).

Na figura abaixo, podemos observar o histórico de consumo do empreendimento, coletados junto a plataforma online da companhia elétrica do estado de Pernambuco (CELPE) Iberdrola. Neste histórico constam as quantidades em kWh do consumo ativo e o valor da energia. Vale ressaltar que esses dados serão de suma importância para o dimensionamento ótimo do sistema fotovoltaico.

Histórico do consumo Panificadora Rio Tejo		
Mês	KWh consumidos	Valor em R\$
jun/18	9801	R\$ 7.370,35
jul/18	9019	R\$ 6.782,29
ago/18	9371	R\$ 7.046,99
set/18	8234	R\$ 6.191,97
out/18	8813	R\$ 6.627,38
nov/18	9476	R\$ 7.125,95
dez/18	9342	R\$ 7.222,38
jan/19	8597	R\$ 6.457,11
fev/19	8483	R\$ 6.508,35
mar/19	9313	R\$ 7.003,38
abr/19	8809.88	R\$ 7.089,39
mai/19	9314.48	R\$ 7.852,45
-	-	-
Média	9166	R\$ 7.025,18

Figura 18 – Histórico de consumo do empreendimento.

Através deste histórico podemos constatar que o empreendimento apresenta um custo médio de energia elétrica de aproximadamente R\$7 mil mensais e que ao fim de um ano esses custos podem chegar a R\$84 mil. Se analisarmos em um período de cinco anos, o empreendimento pode ter um custo acumulado de aproximadamente R\$ 420 mil. Também é possível observar que os meses que o empreendimento mais consome energia são: junho, agosto, novembro e dezembro. E os de maior custo são; maio, junho, novembro e dezembro.

Entretanto, um fato que nos chamou atenção nestes dados, foi as variações mensais do preço de venda do kWh. Podemos observar na figura acima que no mês de maio, o empreendimento apresentou quase o mesmo consumo de energia nos meses de agosto e março, entretanto seus custos foram diferentes com uma diferença de aproximadamente R\$ 850,00. Este fato deve-se as variações do preço kWh os quais os consumidores cativos estão sujeitos. Normalmente estas variações se dão pelo acréscimo de novas tarifas no preço do kWh, conhecida como bandeiras tarifárias e que tem sua adesão quando há insuficiência nas gerações de energia pelas hidroelétricas devido os baixos índices de pluviosidade (ANEEL, 2017). A figura abaixo representa os quatro tipos de bandeiras que podem ser aderidas junto a fatura de energia elétrica no Brasil para os consumidores cativos.



Figura 19 – Bandeiras tarifárias (ANEEL, 2019).

#### 4.2.2 Análise do recurso solar

A irradiação solar diária média mensal no Brasil pode ser encontrada junto ao programa *SunData*, desenvolvido pelo CRESESB (centro de referência para energia solar e eólica) e aprimorado pelo INPE (instituto nacional de pesquisa espaciais) o qual permitiu uma maior base de dados com alcance em todo o território brasileiro. Além disto, o atual programa permite análises com fiabilidade e variabilidade espacial e temporal da radiação solar incidente. O principal objetivo deste programa é fornecer a análise de dados seguros e de alta qualidade tendo em vista, auxiliar no planejamento e desenvolvimento de políticas públicas em projetos nacionais de energia solar e eólica e atrair investimentos privados para o setor das energias renováveis (Pereira et al, 2006).

A figura abaixo apresenta os mapas solares do Brasil à esquerda e da Alemanha à direita e tem como objetivo ilustrar os níveis de irradiação global solar entre os dois países. A decisão desta comparação foi de demonstrar que a Alemanha mesmo com níveis de irradiação anuais baixos, é o país que possui a maior produção por energia fotovoltaica na Europa, ocupando o quinto lugar no ranking mundial (Wehrmann, 2018).

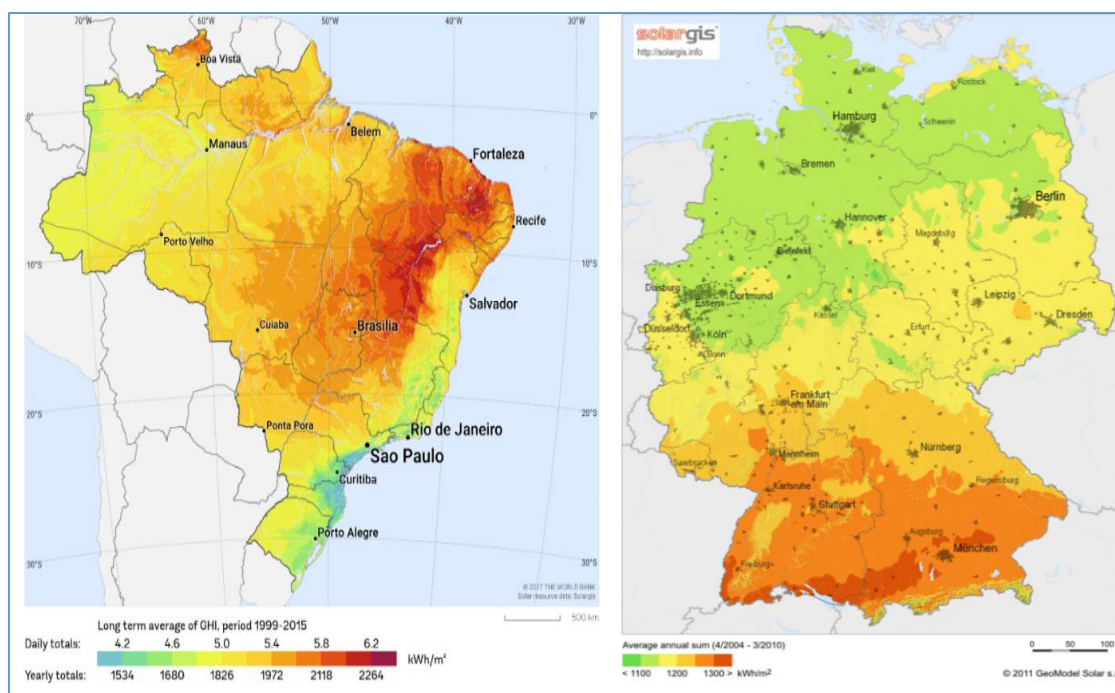


Figura 20 – Comparação da irradiação solar no Brasil e Alemanha (Solargis, 2019).



Através dos mapas, podemos perceber que a média anual de irradiação global no Brasil varia entre 4.2 kWh/m<sup>2</sup> e 6.3 kWh/m<sup>2</sup>, sendo o Nordeste região com os maiores níveis. Enquanto que na Alemanha os níveis anuais variam entre 1.1 kWh/m<sup>2</sup> e 1.4 kWh/m<sup>2</sup> e os maiores níveis podem ser encontrados na região Sul. Com base nos dados retirados dos mapas, podemos concluir que em todo o território brasileiro apresenta bons níveis de irradiação, apresentando maiores níveis que na Alemanha. Este fato faz com que o país possua boas condições e atratividade para a geração de energia solar fotovoltaica.

Para meios de confirmação se de fato o local no qual o empreendimento está localizado apresenta bons índices anuais de irradiação solar, recorreremos ao software *Sundata*. Mas antes disto foi necessário recorrer as coordenadas do empreendimento para meios de maior precisão nos resultados do software.

Tabela 3 – Coordenadas geográficas do empreendimento (DB city, 2019).

#### Coordenadas geográficas

- Latitude: -8.05428,
- Longitude: -34.8813  
8° 3' 15" Sul, 34° 52' 53" Oeste

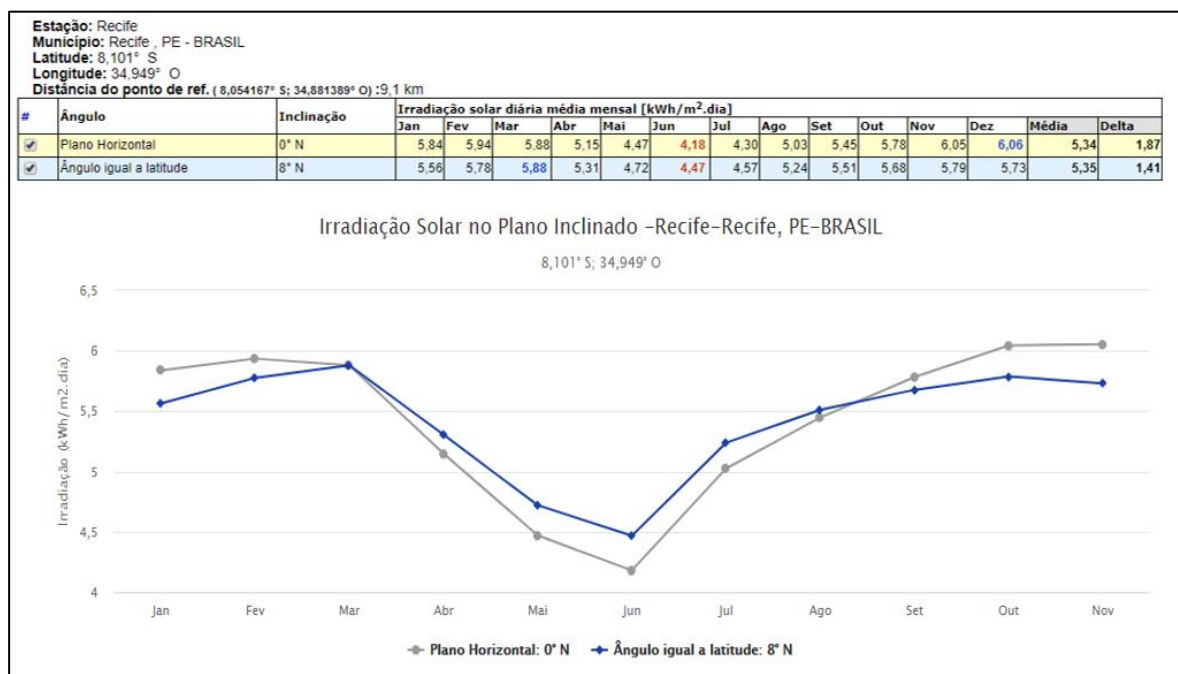


Figura 21 – Índices de irradiação solar em Recife (Sundata, 2019).

Na figura 22 podemos observar em seu título o qual nos possibilita saber o nome da localidade, o Estado da federação brasileira, as coordenadas geográficas e a distância do ponto de referência. Os dados da figura também nos possibilita observar a irradiação solar diária mensal medidos por (kWh/m<sup>2</sup>. dia) para todos os meses do ano, a partir do mês de janeiro. Destacado pela cor azul, podemos observar as maiores irradiações diárias no ano, enquanto que as em destaque vermelho, representam as mínimas. Já na coluna Delta são representadas as diferenças entre as duas irradiações.

O período que o local apresenta maiores médias de irradiação solar diária são aqueles onde ocorrem a estação de primavera/verão, correspondente pelos meses de setembro a março, enquanto que no período de outono/inverno encontram-se os índices mais baixos.

A média anual da cidade do Recife é de aproximadamente 5,34 kWh/m<sup>2</sup>. dia o que faz bastante atrativa para a implementação de sistemas fotovoltaicos. Para termos de comparação entre os índices, foi escolhido o estado de Minas Gerais o qual é o que mais gera energia elétrica a partir da energia fotovoltaica no Brasil, possuindo índices médios entre 5,5 e 6,5 kWh/m<sup>2</sup>. dia (Pizarro, 2018).

#### 4.2.3 Espaço disponível e características do local

O espaço disponível, será analisado primeiramente pela ferramenta *Google Earth*, a qual nos permitirá um conhecimento preliminar do local, apresentando uma visão panorâmica com as eventuais dimensões. No entanto, será necessária uma análise minuciosa, a fim de obter mais detalhes e evitar erros no dimensionamento e nos cálculos do custo do sistema fotovoltaico. Esta análise também possibilitará constatar se o local escolhido, apresenta uma viabilidade técnica para a implementação do sistema ou se será necessária a procura por um novo. Esta análise tem como finalidade constatar (Villalva, 2015):

- Dados sobre o sombreamento no local durante o dia.
- A presença de locais adequados para a instalação dos componentes elétricos do sistema.
- O estado dos equipamentos e instalação elétrica do local.
- A proximidade de redes de ligação elétrica.
- Características do terreno (solo, acesso, necessidade de nivelamento...)

Nos itens a seguir serão contextualizadas as análises técnicas do local proposto feito primeiramente com auxílio da ferramenta *Google Earth* e pela empresa Esolare Energias Renováveis, para termos de constatação técnicas.

#### 4.2.3.1 Descrição

O local escolhido para esta possível implantação do sistema fotovoltaico foi a própria cobertura do empreendimento, visto que o mesmo apresentava uma área livre e de grande extensão.

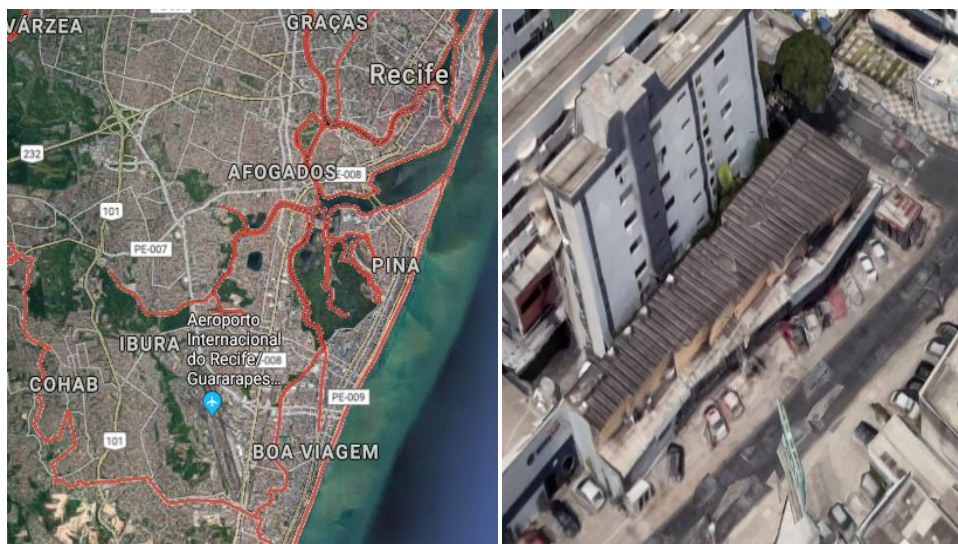


Figura 22 – Local de implementação do sistema (Google Earth, 2019).

#### 4.2.3.2 Análise técnica

A visita técnica foi feita pela empresa Esolare Energias Renováveis a qual prestou um serviço técnico a fim de verificar as condições do empreendimento para a implementação do sistema fotovoltaico proposto. Ao fim da análise, pode-se concluir que o empreendimento apresentava instalações elétricas em bons estados com proximidade da rede de distribuição o que facilita sua conexão com a rede elétrica, poupando-a de custos adicionais no investimento. No entanto o empreendimento não apresenta um local adequado para a instalação do sistema, uma vez que sua cobertura, único local possível, está exposto a sombreamento durante o período das 14:00 até às 17:00 devido à grande concentração de edifícios ao seu redor, o que ocasionaria numa perda da aproximadamente 40% na capacidade de geração de energia pelos dos módulos fotovoltaicos.

Na figura 24 é possível perceber a grande concentração de edifícios de grande porte ao redor do empreendimento, ocasionando zonas de sombreamento em sua cobertura. Também ficou percebido várias irregularidades em sua área, o que além de dificultar a instalação dos módulos também limitaria sua quantidade.

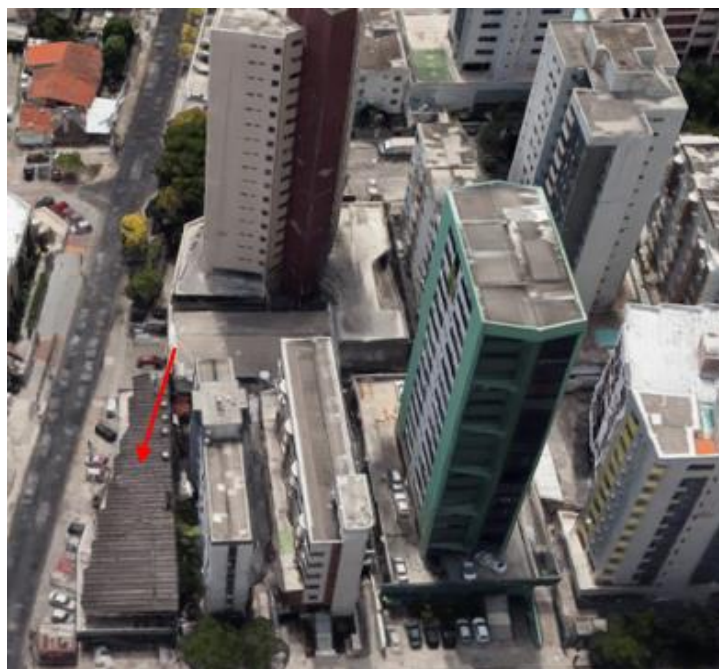


Figura 23 – Vista panorâmica da Panificadora Rio Tejo (Google Earth, 2019).

Como a cobertura do empreendimento não cumpriu os requisitos básicos para a implementação do sistema proposto, foi necessário um estudo da legislação de acesso para geração distribuída de energia em vigor no Brasil, a fim de buscar outras alternativas para a implementação.

#### 4.2.4 Análise da legislação

##### 4.2.4.1 Descrição

Em 17 de abril de 2012 foi criada a REN nº 482/2012 regulada pela ANEEL, em prol de beneficiar os brasileiros a gerarem energias por fontes alternativas ou cogeração qualificada, permitindo-os injetarem os excedentes de energia elétrica nas redes de distribuição de suas respectivas localidades. Nesta resolução normativa foram estabelecidas condições para o acesso de micro e minigeração distribuída de energia elétrica. Com o passar dos anos percebeu-se que a mesma necessitava de um aprimoramento, e deste modo foi criada a resolução normativa REN nº 687/2015 com objetivo de possibilitar aumento do público alvo, maior compatibilidade entre os sistemas, redução de custos e tempo para as conexões de micro e minigeração e na melhoria das informações presentes na fatura (ANEEL, 2016).

Para termos de diferenciação, ficou-se entendido que a microgeração distribuída seria caracterizada por instalações menores ou iguais a 75 quilowatts (kW), enquanto que a minigeração seria caracterizada por instalações superiores a 75 quilowatts (kW), menores ou iguais a três megawatt (MW) para fontes hídricas, ou cinco megawatt (MW) para as demais fontes (ANEEL, 2016).

#### 4.2.4.2 Sistemas de compensação de energia

A geração distribuída, regula-se mediante ao sistema de compensação de energia elétrica também conhecido como o *net metering*, o qual possibilita que os excedentes de energia gerados sejam injetados na rede elétrica. Estes excedentes serão contabilizados por um medidor bidirecional instalado pela companhia de energia elétrica após a implementação do sistema. Em caso de excedentes, o proprietário da unidade geradora receberá créditos em energia (kWh) possibilitando-o efetuar abatimentos nas próximas faturas de energia elétrica para um período de até 60 meses (ANEEL, 2016). Para ilustrar este conceito, será representado na figura abaixo um modelo explicativo de como se dá o sistema de compensação de energia.

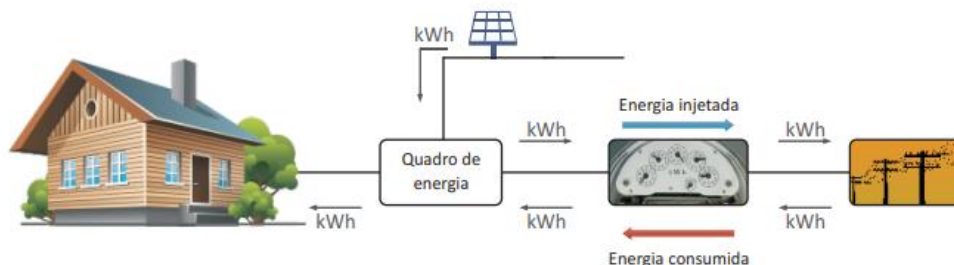


Figura 24 – Exemplo de um sistema de compensação de energia (ANEEL,2016).

Este sistema de energia, ainda permite que o consumidor utilize os créditos de energia gerados pelos excedentes de energia em uma outra unidade geradora de sua posse e localizada no mesmo estado de concessão, caracterizado da seguinte forma (ANEEL, 2016);

- Geração compartilhada.
- Autoconsumo remoto.
- Empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras (condomínios).

No entanto, a que mais se enquadrou na implementação do nosso projeto foi o autoconsumo remoto, a qual será contextualizada a seguir.



#### 4.2.4.3 Conceito do autoconsumo remoto

O autoconsumo remoto foi uma inovação apresentada pela nova Resolução nº 687/2015 a qual permite uma geração de energia remotamente por mini ou microgeração distribuída. Os excedentes de energia gerados remotamente, podem ser compensados em uma outra unidade consumidora, desde que estejam na mesma área de concessão ou permissão e mesma titularidade de pessoa física ou jurídica (ANEEL, 2016). O autoconsumo remoto tem sido muito positivo para disseminação da geração distribuída no Brasil. Esta inovação na legislação tem permitido que milhões de consumidores impossibilitados de gerarem energia elétrica por questões de inviabilidade técnica, possam ingressar neste sistema de uma outra forma (ABGD, 2018).

Ao fim deste estudo e de uma breve conversa com o proprietário do empreendimento, constatamos que a melhor solução para a implementação do sistema, seria a alternativa de gerar energia remotamente uma vez que o mesmo detém posse de um terreno na cidade de Gravatá a 84 km de distância da cidade do Recife.

Como Recife e Gravatá situam-se no mesmo estado de concessão da companhia de energia elétrica CELPE, seria possível atender os requisitos presentes na legislação da ANEEL nº 687. A energia poderá ser gerada remotamente na cidade de Gravatá, ser injetada na rede elétrica, contabilizada e descontada nas faturas mensais de energia do empreendimento no Recife, uma vez que ambos os locais foram registrados legalmente no nome do proprietário. Para entendermos como funciona esta modalidade da geração distribuída pelo autoconsumo remoto, a figura abaixo servirá como exemplo ilustrativo.



Figura 25 – Exemplo de autoconsumo remoto (BlueSol, 2016).

Antes de prosseguimos com a implementação do sistema, uma análise do novo local deverá ser feita, a fim de constatar se há viabilidade técnica para implementação do sistema proposto. Utilizaremos os mesmos métodos feitos para a analise no item 4.2.3.

4.2.5 Análise do novo local

4.2.5.1 Análise do recurso solar

Para constatar os índices de irradiação solar médios anuais do novo local, vamos novamente recorrer ao software *Sundata* utilizando as coordenadas geográficas do terreno localizado na cidade de Gravatá.

Tabela 4 – Coordenadas geográficas do terreno em Gravatá (DB city, 2019).

**Coordenadas geográficas do terreno**

- Latitude: -8.2096
- Longitude: -35.5695  
8° 12' 35" Sul, 35° 34' 10" Oeste

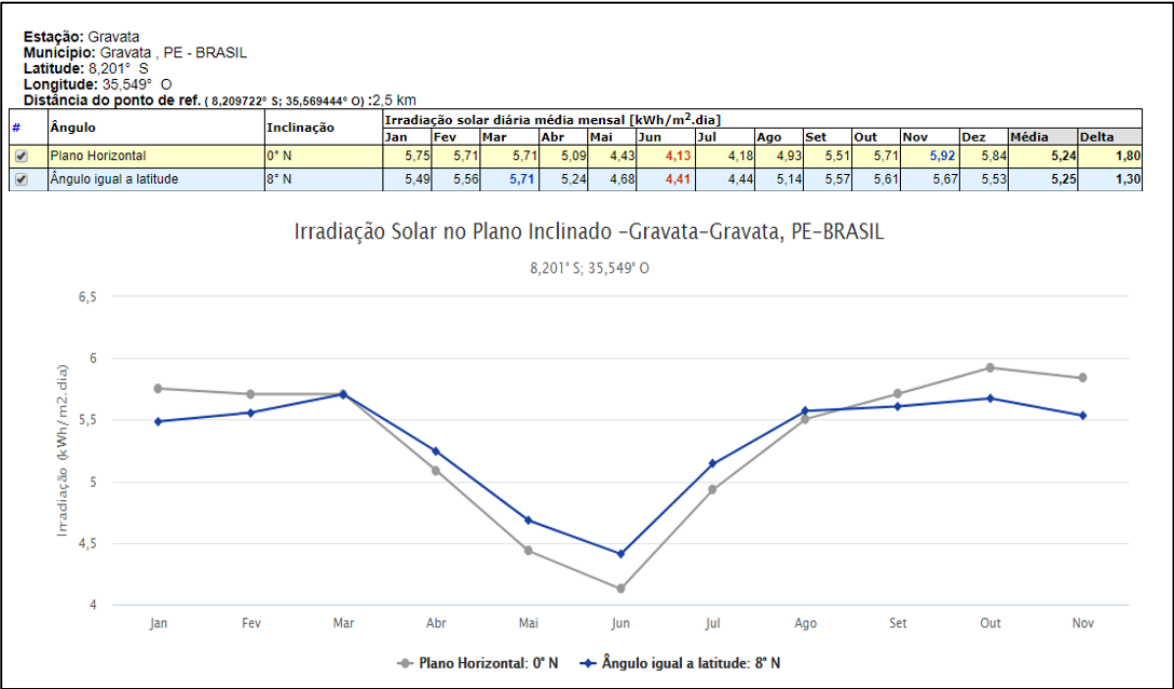


Figura 26 – Níveis de irradiação solar da cidade de Gravatá (*Sundata*, 2019).

Na figura anterior podemos perceber que a localização do terreno em questão apresenta índices atrativos de irradiação solar ao longo do ano para a implementação do sistema fotovoltaico, com uma média de 5,24 kWh/m<sup>2</sup>, um pouco abaixo que o local do empreendimento.

Estes dados de irradiação solar mensais, serão de grande importância para o projeto, pois os utilizaremos como base de dados para um estudo de previsão da geração de energia do sistema fotovoltaico. Vale ressaltar que este estudo será de grande importância para a viabilidade econômica do sistema, uma vez que com os resultados obtidos podemos estimar o quanto de energia o empreendimento poderá economizar em um determinado período.

#### *4.2.5.2 Espaço disponível e características do local*

O novo local será num terreno localizado no município de Gravatá, cidade que fica situada a 84 km da capital, Recife. A cidade apresenta um clima bastante parecido com a da cidade do Recife, porém está situada em altitudes de 447 metros com temperaturas médias anuais de 22°.

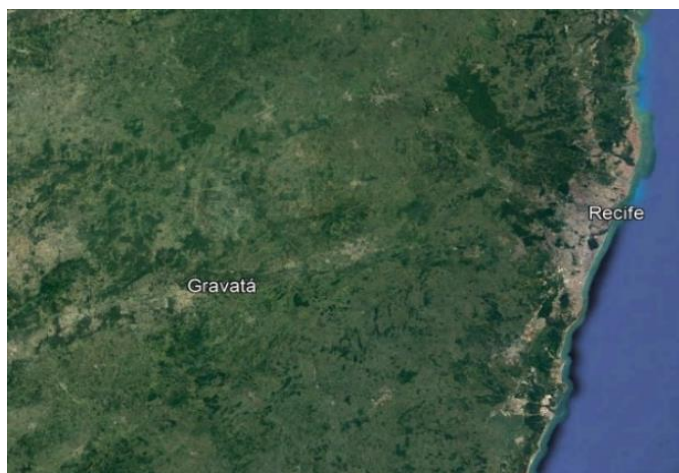


Figura 27 – Localização da cidade de Gravatá (Google Earth, 2019).

#### *4.2.5.3 Análise técnica*

Foi feita uma visita técnica no terreno, a qual foi constatada excelentes condições para a implementação de um sistema solar fotovoltaico. Foram encontradas linhas de transmissão próximas ao local, uma área com 600 m<sup>2</sup> completamente plana, isolada de qualquer sombra artificial e com bons índices de irradiação anual.





Figura 28 – Visita técnica do terreno (Google Earth, 2019).

#### 4.2.6 Dimensionamento do sistema solar fotovoltaico

Para o correto dimensionamento do sistema fotovoltaico, primeiramente é preciso determinar o quanto de energia deseja-se gerar a qual deve ser determinada, com base no consumo médio mensal de eletricidade obtidos a partir da soma dos últimos 12 meses das faturas de energia do empreendimento. A depender da escolha do projetista, este dimensionamento pode suprir parcialmente ou integralmente a demanda de energia de um determinado consumidor (Villalva, 2015). Para o sistema proposto neste trabalho, optou-se por um dimensionamento com o objetivo de suprir todo o consumo elétrico do empreendimento.

Para o dimensionamento do sistema, será contatada uma empresa de energia solar fotovoltaica atuante na cidade do Recife para prestar; os devidos serviços técnicos, burocráticos, dimensionamento do sistema fotovoltaico e fornecimento dos equipamentos. Por fim com o orçamento final gerado por esses serviços, podemos analisar e constatar se de fato há viabilidade econômica financeira ou não em sua implementação.

Com base nos dados dos históricos de consumo por energia do empreendimento apresentados no item 4.2.1, foi proposto um sistema fotovoltaico com uma potência de 63 kWp (kilowatt pico) para que assim seja possível suprir todo seu consumo por energia elétrica.

#### 4.2.6.1 Dimensionamento e escolha dos equipamentos

A determinação do número de módulos e inversores foi elaborado pela Esolare, empresa especializada em projetos de energia solar atuante no estado de Pernambuco. Para fins de dimensionar corretamente o sistema de minigeração fotovoltaica, foi utilizado o consumo médio mensal do empreendimento no valor de 9166 kWh. A escolha de todos os equipamentos e serviços ficaram sob responsabilidade da empresa os quais *datasheets* poderão ser encontrados no oitavo capítulo neste trabalho.

A figura abaixo tem como objetivo apresentar as informações relevantes para ser feito o estudo da viabilidade econômico-financeiro do projeto proposto. Serão apresentadas as configurações do sistema tais como; a marca, potência, quantidade e eficiência dos módulos fotovoltaicos e inversores de corrente. Também estará representado informações sobre as estruturas de fixação adequadas para o terreno.



Sistema Fotovoltaico					
Módulo		Inversor		Estruturas	
Marca	JA Solar (ou similar)	Marca	Sungrow (ou similar)	Área Req	408 m <sup>2</sup>
Potência	375 Wp	Modelo	SG60KTL	Peso	15 kg/m <sup>2</sup>
Quant	170 unid.	Quant	1 unid	Local	Solo
Eficiência	19,30%	Eficiência	98,26%	Inclinação	10°

Figura 29 – Dados do sistema fotovoltaico.

#### 4.2.6.2 Geração de energia prevista

Para ser feita uma estimativa da geração de energia do sistema fotovoltaico, utilizaremos os dados da média de irradiação mensal do terreno localizado na cidade de Gravatá, a qual pode ser consultada na figura 26. Para esta estimativa, também serão utilizados alguns valores presentes no *datasheet* do módulo fotovoltaico escolhido para este sistema;

- Área do módulo = 1,95 m<sup>2</sup>
- Eficiências do módulo = 19,30%
- Potência do módulo = 375 W
- Quantidade de módulos presentes no sistema = 170 unidades

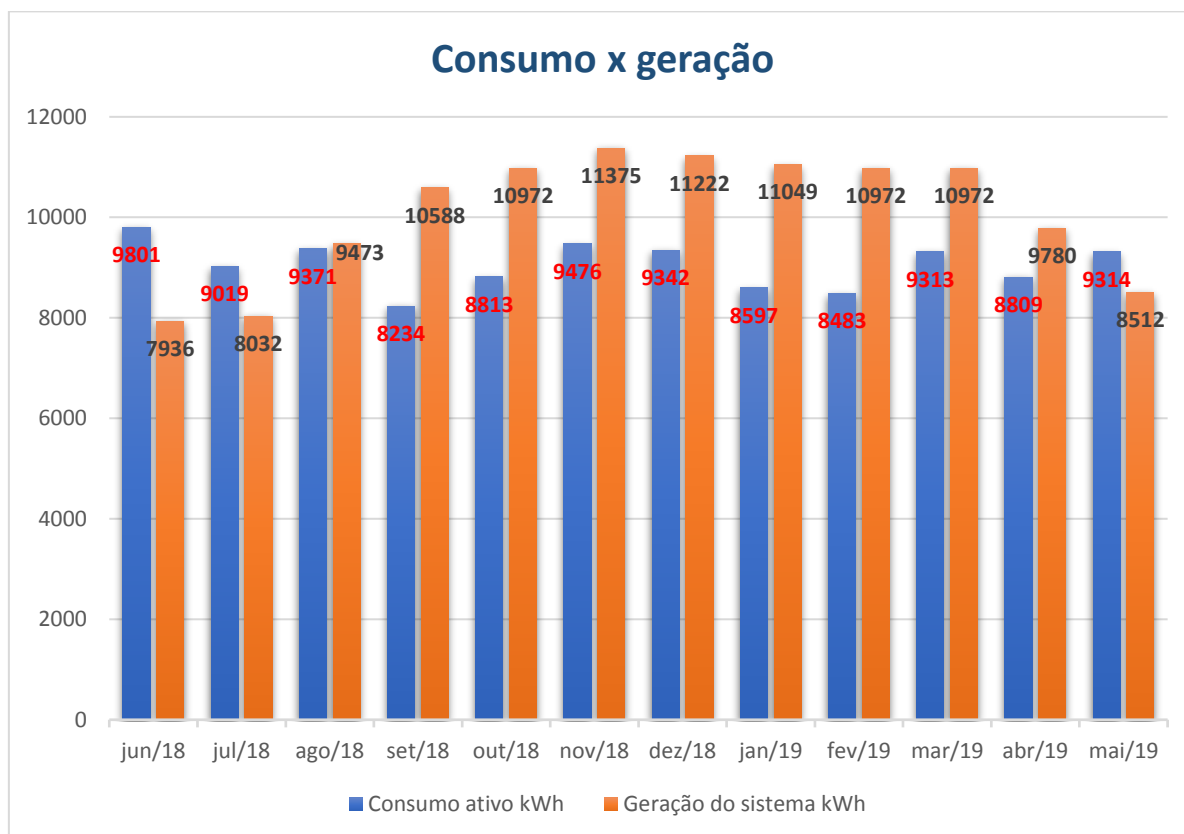
A tabela 5 representa a geração de energia proporcionada pelo sistema em questão para os 12 meses do ano. Primeiramente foi calculado o quanto de energia um único módulo fotovoltaico seria capaz de gerar diariamente em cada mês, utilizando como base de cálculos os dados representados acima e os da irradiação média diária do terreno para cada mês. Após serem obtidos os resultados destes cálculos, os valores serão multiplicados por 30 a fim de nos permitir constatar o quanto um módulo poderá gerar de energia em cada mês, sendo por fim multiplicado por 170, a fim de representar o quanto o sistema poderá gerar em cada mês. O resultado desses cálculos poderá ser visto na tabela abaixo.

Tabela 5 – Geração do sistema fotovoltaico.

<b>Geração do sistema fotovoltaico</b>		
<b>Mês</b>	<b>Irradiação média kWh/m<sup>2</sup>. dia</b>	<b>Geração mensal total do sistema kWh/mês</b>
Janeiro	5,75	11049
Fevereiro	5,71	10972
Março	5,71	10972
Abril	5,09	9781
Maio	4,43	8513
Junho	4,13	7936
Julho	4,18	8032
Agosto	4,93	9474
Setembro	5,51	10588
Outubro	5,71	10972
Novembro	5,92	11376
Dezembro	5,84	11222

O gráfico 1 nos possibilita uma comparação feita entre o consumo mensal ativo do empreendimento com a geração fotovoltaica prevista.

Gráfico 1 – Consumo x geração de energia.



Nota-se que a geração de energia prevista pelo sistema, é capaz de suprir o consumo ativo do empreendimento por 9 meses no ano. Naqueles meses em que o sistema não for capaz de suprir a energia, serão utilizados os excedentes de energia para complementar as insuficiências do sistema. De acordo com a legislação em vigor os excedentes de energia gerados pela unidade consumidora poderão ser transformados em “créditos de energia” e podem ser utilizados naqueles meses em que o consumo ativo for superior do que o gerado, sua utilização tem um período de carência de até 60 meses (ANEEL, 2016).

Com o fim deste capítulo, foi contextualizado todas as etapas para à implementação do sistema. Para o próximo capítulo serão apresentados todos os dados recolhidos até o presente momento, a fim de ser feita uma análise para obter os resultados para constatação se há viabilidade económico financeira no projeto.



# ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

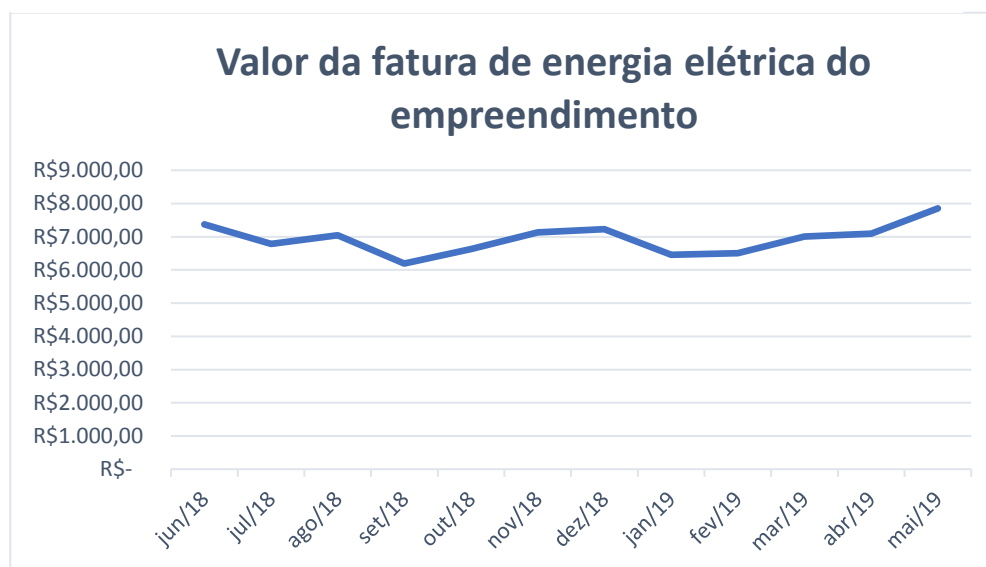
## 5 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados todos os dados recolhidos junto ao empreendimento e a empresa contratada para o correto dimensionamento do sistema, a fim de ser feita uma análise económica financeira do projeto.

### 5.1 Dados

#### 5.1.1 Preço da energia elétrica

Gráfico 2 – Valor da fatura de energia elétrica do empreendimento.

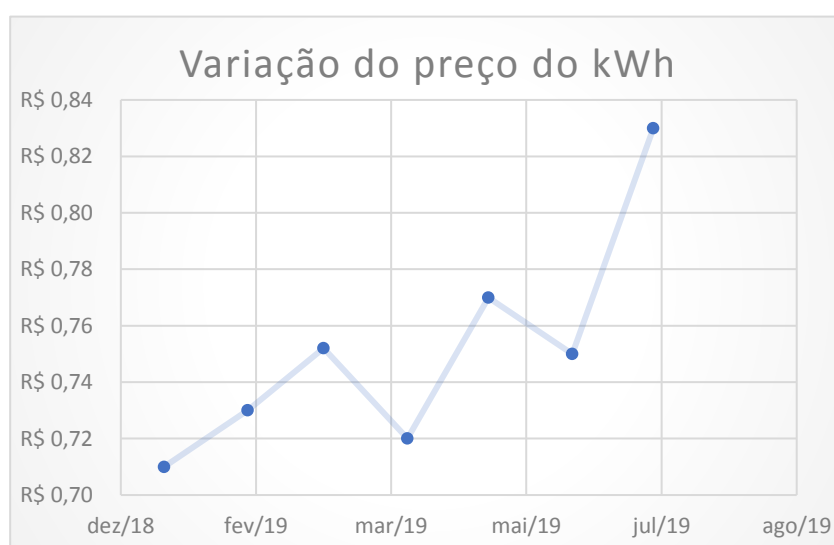


De acordo com os dados do valor da fatura de energia do empreendimento, podemos analisar através do gráfico que a fatura possui uma variação de valores que vão desde R\$ 6,5 mil a R\$ 8 mil e que o mês de maio foi o maior até o presente momento. Depois de uma análise nas faturas, concluímos que o preço do kWh pode ser considerável uma variável crítica junto a fatura de energia, uma vez que impacta diretamente no aumento ou na queda do seu valor. Para percebermos as variações em seu preço, vamos representá-las no item a seguir.

### 5.1.2 Variação do preço da energia (kWh)

No decorrer deste trabalho foi observado que o preço do kWh apresentava variações em todos os meses do ano. Para meios de representá-las, será apresentado um gráfico com os valores coletados junto as faturas de energias obtidos junto ao histórico de consumo do empreendimento, presente na base de dados da companhia de energia elétrica do estado de Pernambuco (Celpe). Serão analisados os preços da energia no período de janeiro até julho do referente ano.

Gráfico 3 – Variação do preço do kWh.



Nota-se que o gráfico apresenta um comportamento variável o que nos confirma que o preço da energia é uma variável crítica em nosso projeto. O que chama mais atenção neste gráfico é a crescente que se dá no mês de março onde o seu preço estava na casa dos R\$ 0,72, enquanto que no mês de julho este valor chegou aos R\$ 0,83, um aumento de R\$ 0,11 que fará uma diferença no valor final da fatura de energia elétrica.

Para meios de comparação, vamos demonstrar o quanto esta variação de R\$ 0,11 pode representar no final da fatura, utilizando o valor da média anual coletada junto ao histórico de consumo no item 4.2.1. A média anual de consumo do empreendimento é de 9166 kWh que se multiplicarmos por R\$ 0,72 daria um valor de aproximadamente R\$ 6.600 mil, enquanto que por R\$ 0,83 daria um valor de R\$ 7.600 mil, uma diferença de aproximadamente R\$ 1.000 mil. Com estes simples cálculos vemos que a ideia de tornar o empreendimento autossuficiente em energia, e não depender destas variações torna uma alternativa bastante atrativa para o investidor. No entanto, a priori não se deve tomar uma decisão, antes de ser feita uma análise de viabilidade econômica financeira do projeto, a qual será apresentada nos próximos itens deste capítulo.



### 5.1.3 Economia proporcionado pelo sistema fotovoltaico

Para fazermos uma análise da economia que o sistema poderá proporcionar ao empreendimento, faremos uma breve comparação entre o cenário atual e o cenário com o sistema proposto, com base nos dados apresentados no quarto capítulo .

Tabela 6 – Cenário proposto.

Cenário proposto
Quantidade do consumo ativo médio (kWh): 100
Tarifa: R\$ 0,723
Valor da fatura: R\$ 72,30

Tabela 7 – Cenário atual.

Cenário atual
Quantidade do consumo ativo médio (kWh): 9.166
Tarifa: R\$ 0,723
Valor da fatura: R\$ 6.627,01


Através desta comparação podemos observar que com a implementação do sistema fotovoltaico no empreendimento, a quantidade do consumo ativo médio mensal cairá de 9.166 kWh para 100 kWh, isto ocorre pelo fato da legislação de geração distribuída em vigor no Brasil não permitir o consumidor zerar por completo a tarifa de energia, ocorrendo um acréscimo numa taxa de disponibilidade da rede elétrica no valor de 50 kWh para monofásicos e de 100 kWh para trifásicos (ANEEL, 2016). Deste modo, neste novo cenário quando o sistema for capaz de suprir por completo o consumo ativo do empreendimento, as faturas de energia irão custar um valor mínimo de 100 kWh. Já naqueles meses em que a geração de energia do sistema não suprir o seu consumo ativo, serão cobradas a taxa de disponibilidade mais a quantidade de energia que foi consumida, calculada de acordo com o preço do kWh do referente mês.

A fim de uma melhor representação do quanto que o sistema poderá proporcionar de economia ao empreendimento, na tabela 8 será apresentada uma previsão para a geração do sistema com base nos dados recolhidos junto ao histórico do consumo do empreendimento tendo início no mês de julho/2018 até o mês de maio/2019. Para resultados mais reais, utilizaremos o valor médio do kWh no valor de R\$ 0,723 para este intervalo de tempo.

Os valores da geração prevista de energia foram recolhidos junto a tabela 5, explicados no item 4.2.6.2 e correspondem como uma mera previsão. Todos os cálculos referentes a geração de energia do sistema foram obtidos junto uma empresa especializada em projetos de energia fotovoltaica, o que nos permitirá uma maior fiabilidade nas previsões.

A tabela nos mostra os resultados para a geração prevista proporcionada pelo sistema para os 12 meses do ano no período de jun/18 a mai/19. Para saber o quanto o empreendimento deixará de pagar em cada mês, multiplicaremos os valores de cada geração mensal pelo preço de venda médio atual do kWh para o Estado de Pernambuco.

Tabela 8 – Economia do sistema.



Mês	Geração prevista do sistema	Economia	
	kWh	R\$	
jun/18	7936	R\$	5 737,73
jul/18	8032	R\$	5 807,14
ago/18	9473	R\$	6 848,98
set/18	10588	R\$	7 655,12
out/18	10972	R\$	7 932,76
nov/18	11375	R\$	8 224,13
dez/18	11222	R\$	8 113,51
jan/19	11049	R\$	7 988,43
fev/19	10972	R\$	7 932,76
mar/19	10972	R\$	7 932,76
abr/19	9780	R\$	7 070,94
mai/19	8512	R\$	6 154,18
Média	9159	R\$	6 622,14

Através deste cálculo, podemos perceber que o sistema proporcionará uma economia considerável no valor de aproximadamente R\$ 6.630 mil mensais e de aproximadamente R\$ 80 mil reais, quando multiplicamos por doze, a fim de obter a economia anual. Vale ressaltar que esses valores não são por venda de energia a rede e sim pelo o quanto o empreendimento reduzirá seus custos por consumo de energia elétrica. Vale lembrar que o sistema foi dimensionado para suprir todo o consumo por energia elétrica do empreendimento, tornando-o autossuficiente por energia elétrica. O sistema funcionará remotamente, gerando energia e injetando-a na rede elétrica para que depois sejam contabilizados e feitos os devidos descontos junto a fatura de energia do empreendimento. É de conhecimento que o sistema fotovoltaico terá produções de energia mais baixas nos meses de inverno devido esta estação possuir horas de sol menores quando comparado com as demais.

Com base em nossas pesquisas a cidade de Gravatá apresenta uma média de 12 horas de sol por dia, no período das 6 às 18 horas, no entanto como visto na figura 26, as irradiações médias diárias são de 5,24 horas, o que significa que o sistema terá seu funcionamento ótimo durante este período. Já durante à noite e no começo da manhã, o sistema não será capaz de produzir, uma vez que não há irradiação solar suficiente para produzir energia (Sundata, 2019).

Por fim, com esta tabela podemos concluir que quanto maior for o valor do kWh, mais economia o sistema proporcionaria ao empreendimento, uma vez que o proprietário deixaria de possuir custos de energia elevados. Estes custos de energia serão utilizadas nos fluxos de caixa do investimento, para podermos calcular a economia acumulada num período de 25 anos, tempo de vida útil do sistema. A fim de obter resultados mais reais, acrescentamos um reajuste médio anual de 8,47% no valor da tarifa de energia, imposto pela ANEEL para o estado de Pernambuco (Lins, 2019).

#### 5.1.4 Valor do investimento

O valor do investimento do sistema foi de R\$ 258.118,90, proposto pela empresa Esolare o qual englobará; 175 unidades de módulos fotovoltaicos, um inversor, estruturas de fixação, cabeamento e custos operacionais (serviço de instalação do sistema e processos burocráticos), detalhados na tabela abaixo.

Tabela 9 – Investimento do sistema.

Investimento do sistema	
Componentes	Custo (R\$)
Estruturas de fixação/ cabeamento	R\$ 56 508,65
Inversor (1 uni)	R\$ 60 000,00
Módulos fotovoltaicos (175 uni)	R\$ 127 331,25
Custos operacionais	R\$ 14 280,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 258 119,90</b>

Uma das vantagens dos sistemas fotovoltaicos, é a baixa necessidade por custos de manutenção constantes, o que faz com que o investimento seja ainda mais atrativo (Naruto, 2017). Neste projeto, os custos por manutenção do sistema serão calculados pela compra de novos inversores acrescidos dos custos operacionais pela empresa contratante, que devem ocorrer a cada 10 anos, conforme a garantia de funcionamento dos mesmos dada por seus fabricantes. Vale ressaltar que caso ocorra alguma avaria nos equipamentos do sistema antes do período previsto para troca, os custos operacionais deverão ser subtraídos junto ao *cash flow* do projeto.

## 5.2 Estudos económicos e financeiros

Neste item serão apresentados todos os dados e resultados obtidos para, a fim de uma análise de viabilidade económica financeira do projeto. Serão apresentados a Taxa de atualização, o *cash flow* do investimento junto com os valores calculados da TIR, VAL, payback e o índice de rentabilidade.

### 5.2.1 Taxa de atualização

Como já mencionado no terceiro capítulo, a taxa de atualização terá grande importância na decisão de viabilidade do projeto, uma vez que será utilizada como uma referência para a tomada de decisão do investidor. Como esta taxa é de cunho pessoal, tivemos de obtê-la junto ao proprietário do empreendimento o qual explicou-nos que com a crise económica atual no país os riscos são iminentes, ainda mais quando se trata de um investimento em uma nova tecnologia. Desde modo, foi escolhida uma taxa de 15 % para ser calculada junto ao VAL e utilizada como critério relativo à atratividade ou não do investimento.

### 5.2.2 Cash flow acumulado do investimento

Tabela 10 – *Cash flow* acumulado do investimento.

Ano	0	1	5	10	15	20	25
<b>Saídas</b>							
Serviços de manutenção				-R\$ 1.500,00		-R\$ 1.500,00	
Troca dos inversores		0	0	-R\$ 60.000,00	0	-R\$ 60.000,00	0
Custo energia elétrica do empreendimento		-R\$ 30.222,06	-R\$ 1.201,87	-R\$ 1.201,87	-R\$ 2.709,91	-R\$ 4.069,14	-R\$ 6.110,14
<b>Investimento do sistema fotovoltaico</b>	-R\$ 258.118,90						
Custo dos módulos fotovoltaicos (175 uni)	R\$ 140.000,00						
Custo do Inversor (1 uni)	R\$ 60.000,00						
Custos estruturas de fixação	R\$ 53.118,90						
Custos de serviços de instalação e logística	R\$ 5.000,00						
<b>Total de saídas</b>	-R\$ 258.118,90	-R\$ 30.222,06	-R\$ 1.201,87	-R\$ 63.304,71	-R\$ 2.709,91	-R\$ 65.569,14	-R\$ 6.110,14
<b>Saídas actualizadas</b>	-R\$ 258.118,90	R\$ 26.846,27	-R\$ 597,54	-R\$ 15.647,96	-R\$ 333,03	-R\$ 4.006,29	-R\$ 185,61
	-R\$ 252.043,07						
<b>Energia gerada anualmente</b>		R\$ 65.596,98	R\$ 110.079,49	R\$ 165.293,05	R\$ 248.200,59	R\$ 372.692,80	R\$ 559.627,70
<b>Energia Actualizada</b>	R\$ 923.244,41	R\$ 57.040,85	R\$ 54.728,96	R\$ 40.857,91	R\$ 30.502,48	R\$ 22.771,63	R\$ 17.000,17
<b>Fluxo de Caixa Anual</b>	-R\$ 258.118,90	R\$ 34.723,77	R\$ 108.877,62	R\$ 101.988,35	R\$ 245.490,68	R\$ 307.123,66	R\$ 553.517,56
Taxa de actualização	1	0,869565217	0,497176735	0,247184706	0,122894485	0,061100279	0,030377637
<b>Fluxo de Caixa Anual Actualizado</b>	-R\$ 258.118,90	R\$ 30.194,58	R\$ 54.131,42	R\$ 25.209,96	R\$ 30.169,45	R\$ 18.765,34	R\$ 16.814,56
<b>Fluxo de Caixa Anual Acumulado</b>	-R\$ 258.118,90	-R\$ 227.924,32	R\$ 8.950,47	R\$ 221.645,22	R\$ 391.781,47	R\$ 515.039,05	R\$ 609.862,31

No *Cash flow* do projeto, é possível observar os custos e a economia que o sistema proporcionará ao empreendimento em um período de 25 anos. De cor vermelha podemos observar as saídas monetárias do empreendimento, por energia elétrica, investimento e manutenção do projeto. Já os valores monetários de cor preta, representam o valor em real (R\$) referente a economia da energia gerada, devidamente atualizada, através da taxa de atualização.

É possível observar que no primeiro ano o empreendimento terá um saldo negativo de aproximadamente R\$ 260 mil, pois além do investimento do sistema fotovoltaico, ainda terá custos por energia no valor de aproximadamente R\$ 30 mil, uma vez que a implementação do sistema tem um prazo de execução estimado entre dois e três meses.

No ano 5, já podemos observar um o fluxo de caixa acumulado no valor de aproximadamente R\$ 9 mil, junto a uma diminuição nos custos por energia elétrica, uma vez que assumiremos que o sistema estará em níveis de operação ótimos.

No ano 10, podemos observar os primeiros custos por manutenção os quais somam R\$ 60.500 mil e englobam o preço de um novo inversor acrescido dos serviços de instalação dos mesmos. Mesmo com esses custos, percebe-se o fluxo de caixa acumulado do sistema chegar próximo de R\$ 230 mil.

No ano 15, podemos observar um aumento nos custos por energia elétrica do empreendimento sofrido devido aos reajustes anuais acumulados de 8,47 %. Apesar disto, quando analisamos o fluxo de caixa acumulado, vemos valores próximos a chegar em R\$ 400 mil.

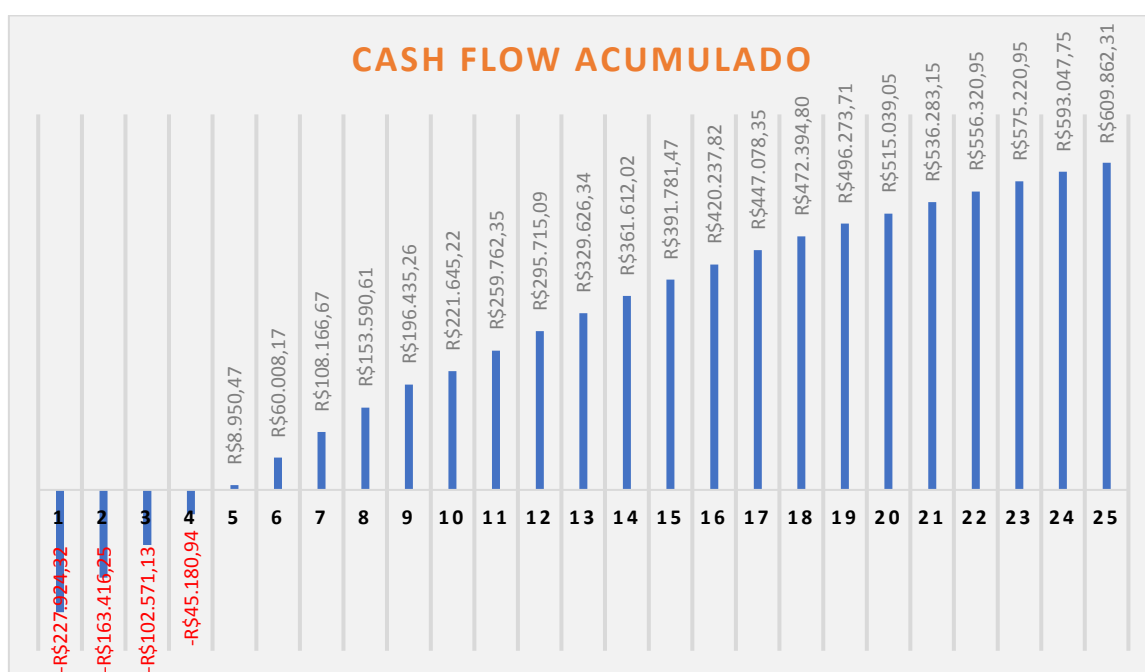
No ano 20, podemos novamente observar a segunda substituição do inversor do sistema, o qual assumimos que terá o mesmo valor monetário que a do ano dez. Mesmo com estas saídas de capital o fluxo de caixa acumulado neste ano, apresentam valores de aproximadamente R\$ 515 mil.

Ao fim de 25 anos, com base em nossas projeções, constatamos que o projeto trará um fluxo de caixa acumulado de aproximadamente R\$ 610 mil.

### 5.2.3 Análise de viabilidade económico financeira

Neste item serão interpretados e analisados os valores monetários presentes no *cash flow* do projeto junto com uma análise financeira. Primeiramente, vamos representar no gráfico abaixo o *cash flow* acumulado do investimento e a seguir, na tabela 11 serão apresentados os valores devidamente calculados do VAL, TIR, *payback* e do índice de rentabilidade os quais serão utilizados como critérios para a tomada de decisão sobre o investimento.

Gráfico 1 – *Cash flow* acumulado.



No gráfico acima podemos observar que nos primeiros quatro anos o investimento apresentava saldo negativo e que por volta do quinto ano é que podemos observar ganhos consideráveis ao investidor. Tendo como base os dados apresentados até o momento, vamos utilizar as folhas de cálculo feitas no *software* da *microsoft excel* para calcular os valores da TIR, VAL, *payback* e do índice de rentabilidade do investimento, os quais serão apresentados a seguir numa tabela.

Tabela 11 – Critérios para análise financeira do projeto.

Análise financeira	
Investimento do sistema fotovoltaico	-R\$ 258.118,90
Índice de rentabilidade	R\$ 2,95
Payback	4,3 anos
Taxa de atualização	15%
TIR (Taxa Interna de Retorno)	18%
VAL(Valor Atual Líquido)	R\$ 609.862,31

Esta tabela nos permite concluir que o período do *payback* do investimento tem um tempo de retorno de 4,3 anos com uma taxa interna de rentabilidade de 18% e um valor atual líquido de aproximadamente R\$ 610 mil. Utilizando os conceitos vistos no terceiro capítulo, junto os resultados apresentados na tabela, podemos concluir que a TIR apresenta um valor superior a taxa de atualização, demonstrando que o projeto apresenta atratividade para o investidor.

Também podemos perceber que o VAL possui seu valor maior que zero, constatando que o investimento de fato apresenta viabilidade econômica para o empreendimento. Já o índice de rentabilidade nos permite saber que para cada real (R\$) investido neste projeto, o investidor terá um retorno de R\$ 2,95 sob o valor.

Tabela 12 – Resultados da viabilidade do projeto.

- $VAL > 0$ , investimento é rentável.
- $TIR > TA$ , investimento deve ser aceito.

Com o final destas análises podemos concluir que o investimento em questão, apresenta viabilidade para o investidor, proporcionando atratividade e ganhos monetários de acordo com os critérios utilizados. No entanto, a fim de analisar a sua sensibilidade perante outros cenários, surgiu a necessidade de serem feitas novas análises as quais serão apresentadas no item a seguir.

### 5.3 ANÁLISE DE CENÁRIOS

Esta análise visa identificar as modificações sofridas pelo projeto perante outros possíveis cenários, quando as variáveis que o compõem se alteram devido alguma razão. Após uma análise no item 5.1.2, percebemos que o preço do kWh, apresentou grandes variações nos últimos meses, uma vez que seu valor depende de várias constantes, como por exemplo; tipo de tecnologia que é utilizada para sua geração, impostos, custos não gerenciáveis, volume de produção, entre outros (ANEEL, 2017). O preço do kWh poderá impactar diretamente a viabilidade do projeto, uma vez que a economia que o sistema proporcionará ao empreendimento está diretamente relacionada ao seu valor. Para outras tomadas de decisão vamos analisar o investimento em três cenários distintos;

1. No primeiro cenário, o investimento será analisado visando identificar para qual valor do kWh o projeto não apresentará relevância ao investidor.
2. No segundo cenário, vamos verificar qual o valor limite do kWh em que o investimento não apresentará atratividade alguma ao investidor.
3. No Terceiro cenário, o investimento será analisado visando identificar qual o valor limite do reajuste anual de energia que o projeto se torna inviável ao investidor.

#### 5.3.1 Análise do investimento no cenário 1

Neste primeiro cenário, serão atribuídos novos valores ao preço do kWh de modo a analisar o investimento num cenário em que não apresente relevância alguma para o investidor, ou seja neste cenário o valor da TIR será igual ao da TA. Atribuídos os novos valores, vamos utilizá-los no cálculo dos critérios financeiros por meio de tentativas, até que se encontre o resultado desejado. Os resultados desses cálculos serão representados na tabela abaixo, para que possamos analisar atentamente e concluirmos a nova situação do investimento, seguindo a mesma lógica vista até momento.

Tabela 13 – Análise financeira cenário 1.

Análise financeira Cenário 1	
Investimento do sistema fotovoltaico	-R\$ 258.118,90
Índice de rentabilidade	R\$ 2,62
Payback	4,2 anos
Taxa de atualização	15%
TIR (Taxa Interna de Retorno)	15%
VAL(Valor Atual Líquido)	R\$ 504.466,41



Depois de algumas tentativas com novos valores sob o preço de energia, foi constatado que quando o valor do kWh possuir valor igual a R\$ 0,64, fará com que a taxa de atualização e a TIR possuam valores iguais, tornando o investimento irrelevante ao investidor. Mesmo que o VAL apresente valores maior que zero e o índice de rentabilidade apresente valores positivos, onde para cada real (R\$) investido trará um lucro de R\$ 2,62 para o investidor, a conclusão final é que o investimento é indiferente.

Tabela 14 – Conclusão cenário 1.

- $VPL > 0$ , investimento apresenta condições rentáveis.
- $TIR = TA$ , o investimento é indiferente.

### 5.3.2 Análise do investimento no cenário 2

Neste segundo cenário, serão atribuídos novos valores ao preço da energia elétrica, a fim de constatar a partir de qual valor o investimento não se tornará mais atrativo ao investidor.

Tabela 15 – Análise financeira cenário 2.

Análise financeira Cenário 2	
Investimento do sistema fotovoltaico	-R\$ 258.118,90
Índice de rentabilidade	R\$ 2,58
Payback	4,2 anos
Taxa de atualização	14%
TIR (Taxa Interna de Retorno)	15%
VAL(Valor Atual Líquido)	R\$ 491.844,14

Após algumas tentativas com novos valores sob o preço de energia, foi constatado que quando o valor do kWh for igual ou menor a R\$ 0,63, a TIR apresentará valor inferior do que TA, tornando o projeto não viável ao investidor. Mesmo não sendo atrativo ainda podemos observar um *payback* de 4,2 anos, um VAL de aproximadamente R\$ 500 mil e um índice de rentabilidade de R\$ 2,58 para cada R\$ investido.

Tabela 16 – Conclusão cenário 2.

- VAL > 0, investimento apresenta condições rentáveis.
- TIR < TA, investimento não deve ser aceito.

Mesmo constatado que o VAL apresentará valores maior que zero, o investimento não deverá ser aceito pelo simples fato de a TIR ser menor que TA.

### 5.3.3 Análise do investimento no cenário 3

Na análise do terceiro cenário, serão atribuídos novos valores ao reajuste anual da energia elétrica, de modo a analisar o valor em que o projeto não apresentará condições atrativas ao investidor. Após algumas tentativas, foi constatado que o investimento não apresentará condições atrativas ao investidor quando o reajuste anual de energia possuir valor menor ou igual a 5,1%. Através da tabela, podemos observar um *payback* de 4 anos um VAL de aproximadamente R\$ 400 mil e um índice de rentabilidade ao investidor de R\$ 2,27 para cada R\$ investido.

Tabela 17 – Análise cenário 3.

Análise financeira Cenário 3	
Investimento do sistema fotovoltaico	-R\$ 258.118,90
Índice de rentabilidade	R\$ 2,27
Payback	4,0 anos
Taxa de atualização	14%
TIR (Taxa Interna de Retorno)	15%
VAL(Valor Atual Líquido)	R\$ 395.478,96

Tabela 18 – Conclusão cenário 3.

- $VAL > 0$ , investimento apresenta condições rentáveis.
- $TIR < TA$ , investimento não deve ser aceito.

Depois de devidamente calculados e analisados os três cenários, vamos analisar o peso que cada uma das variáveis apresenta sobre o investimento, a fim de constatar qual a que poderá causar um maior impacto na atratividade do projeto quando por alguma maneira sofrer alterações. Para esta análise, novamente recorreremos as folhas de cálculo do *microsoft excel* onde as variáveis sofrerão acréscimos e decréscimos em 20 %, valor escolhido para nos permitir observar possíveis mudanças no projeto.

No entanto antes de começarmos com a análise, será apresentada uma tabela a qual nos permitirá observar as variáveis do projeto em questão, junto aos seus valores atuais e modificados. Estes valores serão modificados nas folhas de cálculos do excel, para que possamos analisar como cada variável se comporta em relação aos valores do VAL, TIR, *payback* e do índice de rentabilidade.

Tabela 19 – Variáveis do projeto.

Variáveis do projeto	Taxa de atualização	Reajuste anual de energia	Preço de energia (kWh)
Valores atuais	15%	8,47%	R\$ 0,72
Valores com acréscimo de 20%	18%	10,16%	R\$ 0,86
Valores com um decréscimo de 20%	12%	0,07%	R\$ 0,57

Para uma melhor organização no trabalho, vamos dividir os resultados obtidos em duas tabelas. A primeira será destinada aos resultados referentes ao acréscimo de 20% no valor das variáveis, enquanto que a segunda tabela será destinada para o decréscimo no valor de 20%.

Tabela 20 – Análise financeira do projeto com novas variáveis (+20%).

Análise financeira com novas variáveis			
Variável	Reajuste de energia	Preço da energia (kWh)	Taxa de atualização
Novo valor (+20%)	10%	R\$ 0,86	18%
Investimento do sistema fotovoltaico	-R\$ 258.118,90	-R\$ 258.118,90	-R\$ 258.118,90
Índice de Rentabilidade	R\$ 3,35	R\$ 3,48	R\$ 2,40
Payback	4,4 anos	4,3 anos	4,0 anos
Taxa de atualização	15%	15%	18%
TIR(Taxa Interna de Retorno)	19%	22%	15%
VAL(Valor atualizado Líquido)	R\$ 740.002,00	R\$ 782.156,21	R\$ 415.420,25

Através da tabela, podemos constatar que a taxa de atualização poderá impactar a atratividade do projeto, quando sofrer um aumento em seu valor e as demais variáveis permanecerem constantes. Seguindo este mesmo cenário, foi constatado que quanto mais a taxa de atualização aumentar, os valores do VAL, *payback* e do índice de rentabilidade do projeto diminuirão. O valor da TIR apresentará valores inferiores, tornando o projeto não atrativo ao investidor. Já quando analisamos as demais variáveis ocorrerá o inverso, quanto mais as aumentarmos, mais atrativo o projeto será ao investidor uma vez que os valores do VAL, da TIR e do índice de rentabilidade aumentarão, tornando o investimento mais atrativo ao investidor.

Portanto podemos concluir que com um aumento da taxa de atualização em um cenário onde as demais variáveis são constantes, o investimento não se torna atrativo ao investidor quando a mesma aumentar 20 % em seu valor. Já quando as demais variáveis sofrerem um aumento, o investimento tornará mais atrativo ao investidor.

Para a próxima análise, vamos analisar cada variável do projeto com um decréscimo de 20 % em seus valores, apresentaremos os resultados numa tabela abaixo.

Tabela 21 – Análise financeira com novas variáveis (-20%)

Análise financeira com novas variáveis			
Variável	Reajuste de energia	Preço da energia (kWh)	Taxa de atualização
Novo valor (-20%)	7%	R\$ 0,58	12%
Investimento do sistema fotovoltaico	-R\$ 258.118,90	-R\$ 258.118,90	-R\$ 258.118,90
Índice de Rentabilidade	R\$ 2,62	R\$ 2,38	R\$ 3,78
Payback	4,1 anos	4,2 anos	4,5 anos
Taxa de atualização	15%	15%	12%
TIR (Taxa Interna de Retorno)	16%	13%	21%
VAL (Valor atualizado Líquido)	R\$ 505.761,78	R\$ 428.732,82	R\$ 904.039,29

A tabela, nos possibilita analisar individualmente cada variável do projeto após sofrer um decréscimo em 20 % sob seus valores. Podemos constatar que quando o preço de energia diminuir em um cenário onde as demais variáveis apresentarem valores constantes, o projeto trará menos atratividade ao investidor. Já com a taxa de atualização ocorre exatamente o contrário, quanto mais a diminuímos, mais atratividade o projeto trará ao investido, em comparação a este mesmo cenário.

Portanto através destas análises podemos concluir que quanto mais os preços de energia e do seu reajuste aumentarem, o projeto terá mais atratividade uma vez que estas variáveis aumentam os valores; do VAL, da TIR e do índice de rentabilidade. Esta mesma lógica também serve para a taxa de atualização, quando tem seu valor reduzido.

Por outro lado, fazendo contraste com o parágrafo acima, quanto mais os preços de energia e do seu reajuste diminuïrem, menos atratividade o projeto trará ao investidor, uma vez que estas variáveis reduzem os valores do VAL, TIR e do índice de rentabilidade. Porém seguindo esta mesma lógica, a taxa de atualização vai ao contrário, uma vez que quanto mais seu valor for reduzido, mais atratividade o projeto trará ao investidor.

Depois de serem feitas e explicadas todas as análises, concluïmos o quinto capítulo deste trabalho. No próximo capítulo será destinado à conclusão e trabalhos futuros.

# CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

## 6 CONCLUSÕES

O trabalho em questão, foi feito com o objetivo de apresentar uma solução para o alto custo por energia elétrica em um empreendimento comercial, localizado na cidade do Recife. Como visto neste trabalho, a Panificadora Rio Tejo Ltda apresenta um alto custo por energia elétrica, com uma média mensal de aproximadamente R\$ 7 mil.

Como solução para a redução do custo por energia elétrica, foi estudado uma implementação de um sistema solar fotovoltaico, utilizando o sistema de compensação de energia através da geração distribuída. O projeto foi dimensionado pela empresa Esolare Energias Renováveis a qual dimensionou um sistema de 63 kWp (kilowatt pico) com a capacidade suficiente para suprir todo o consumo por energia do empreendimento.

Depois de uma visita técnica no local pela referente empresa, foi constatado que a área da cobertura não apresentava boas condições para a implementação do sistema, apresentando zonas de sombreamento durante os períodos da tarde. Estas sombras poderiam ocasionar em perdas por eficiência na geração de energia pelos módulos fotovoltaicos as quais poderiam chegar numa redução de até 40% de seu valor. Na busca por alternativas para a implementação do sistema, recorremos à legislação de micro e minigeração vigente no Brasil. Com êxito, a alternativa que mais se adequou-se às necessidades do investidor foi a geração de energia remotamente. Foi constatado, que o proprietário da Panificadora possuía um terreno no município de Gravatá, contendo aproximadamente 600 m<sup>2</sup> de área útil e assim poder atender com sobra as necessidades requeridas de 408 m<sup>2</sup> para implementação do sistema.

O valor do investimento do projeto foi estimado em R\$ 258 mil reais. Porém, quando analisamos a economia acumulada a longo prazo, podemos concluir que os resultados são bastante atrativos, visto que o sistema solar fotovoltaico possui uma vida útil de 25 anos e requer pouca manutenção.

Vale ressaltar que com este projeto não será possível zerar a fatura de energia elétrica, apenas será possível zerar o consumo por energia, fazendo com que o proprietário continue a pagar uma taxa mínima na fatura de energia no valor de aproximadamente R\$ 70 por mês, valor este que se dá pela taxa do uso da rede elétrica. Mesmo assim o *cash flow* acumulado do projeto, já descontado os custos por trocas de inversores, manutenção e por energia, possibilitará ao investidor um ganho de aproximadamente R\$ 610 mil em um período de 25 anos.

No final deste trabalho concluímos que o investimento desse projeto é viável e atrativo para o empreendimento em questão, apresentando um tempo de retorno de 4,3 anos com uma TIR no valor de 18% maior que a sua taxa de atualização e um VAL de aproximadamente R\$ 610 mil.

Além disto após uma análise de sensibilidade em três cenários distintos, podemos concluir que quando a taxa de atualização e a taxa de reajuste anual de energia permanecerem constantes, o aumento do preço de energia poderá trazer mais atratividade ao projeto uma vez que aumentará o VAL e a TIR. Já quando os valores do preço de energia e a taxa de atualização permanecerem constantes, o menor valor da taxa de reajuste anual de energia não poderá ser menor ou igual a 5,1% uma vez que fará com que o valor da TIR seja menor que TA.

Por fim para meios de constatar o impacto que cada variável apresenta no projeto, foi acrescentado 20 % no valor de cada variável do projeto a fim de analisarmos cada uma individualmente. Desde modo podemos constatar que quanto mais aumentarmos o preço da energia e o seu valor de reajuste, maior será a atratividade do projeto desde que a taxa de atualização permaneça constante. No entanto quando aumentarmos a taxa de atualização em 20 % o projeto só não será atrativo ao investidor se o preço de energia e o valor do reajuste anual de energia permanecerem constantes.

## 6.1 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, seria interessante um estudo do acompanhamento da geração e manutenção do sistema solar fotovoltaico no empreendimento, a fim de analisar se de fato a previsão da geração de energia e dos custos foram estimadas corretamente pela empresa contratante. Um outro tema que também poderia ser proposto, seria um estudo de boas práticas de racionalização de energia elétrica e de recursos naturais dentro do empreendimento, visando uma cultura organizacional verde para que sirva como exemplo para ser implementada em outros empreendimentos, tornando-os sustentáveis.





# **BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO**

## 7 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

ABGD (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA). (2018). CONTRIBUIÇÕES REFERENTES À CONSULTA PÚBLICA Nº 10/2018.

ABNT NBR Nº 5410 DE 30 DE SETEMBRO DE 2004. INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO. RIO DE JANEIRO.

ALONSO, RAFAEL. (2016). POSICIONAMENTO EFICIENTE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EM PLANTAS SOLARES NO AMBIENTE URBANO. ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. SÃO PAULO.

ANEEL. (2019). BANDEIRAS TARIFÁRIAS. ACEDIDO EM: ABRIL DE 2019, EM: [HTTP://WWW.ANEEL.GOV.BR/BANDEIRAS-TARIFARIAS](http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias).

ANEEL. (2016). CADERNO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA: SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. 2ª EDIÇÃO. BRASÍLIA.

ANEEL. (2017). TARIFAS CONSUMIDORES. ACEDIDO EM: MAIO, 2019 EM: [HTTP://WWW.ANEEL.GOV.BR/TARIFAS-CONSUMIDORES/](http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/)  
[/ASSET\\_PUBLISHER/E2INTBH4EC4E/CONTENT/BANDEIRA-TARIFARIA/654800](http://www.aneel.gov.br/asset_publisher/e2intbh4ec4e/content/bandeira-tarifaria/654800).

BAHAR, H. (2019). *SOLAR PV TRAKING CLEAN ENERGY PROGRESS*. ACEDIDO EM: ABRIL, 2019, EM: [HTTPS://WWW.IEA.ORG/TCEP/POWER/RENEWABLES/SOLARPV](https://www.iea.org/tcep/power/renewables/solarpv).

BOXWELL, M. (2016). *SOLAR ELECTRICITY HANDBOOK. A SIMPLE, PRACTICAL GUIDE TO SOLAR ENERGY – DESIGNING AND INSTALLING SOLAR PV SYSTEMS*. 10ª EDIÇÃO, GREENSTREAM PUBLISHING. COVENTRY.

BLUESOL (2016). BLOG BLUESOL. GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR. ACEDIDO EM: MAIO DE 2019, EM: [HTTPS://BLOG.BLUESOL.COM.BR/GERACAO-DE-ENERGIA-SOLAR-3-MODALIDADES](https://blog.bluesol.com.br/geracao-de-energia-solar-3-modalidades).

CEBOLA, A. (2013). *PROJETOS DE INVESTIMENTO DE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS: ELABORAÇÃO E ANÁLISE*. 1ª EDIÇÃO. SÍLABO, LDA. LISBOA.

CELPE. (2019). SERVIÇO DE CONSULTA HISTÓRICO DE CONSUMO. ACEDIDO EM: MAIO DE 2019, EM: [HTTP://SERVICOS.CELPE.COM.BR/SERVICOS-AO-CLIENTE/PAGES/CONSULTA-HISTORICO-CONSUMO.ASPX](http://servicos.celpe.com.br/servicos-ao-cliente/pages/consulta-historico-consumo.aspx).

COTA, A. FOSTER, R. GHASSEMI, M. (2009). *SOLAR ENERGY. RENEWABLE ENERGY AND THE ENVIRONMENT (ENERGY AND THE ENVIRONMENT)*. TAYLOR AND FRANCIS GROUP. NEW YORK.

CHAPMAN, S. (2018). SINGAPORE`S HOUSING BOARD TO EXPLORE FLOATING SOLAR PANELS TO DIVERSIFY ENERGY MIX. ENERGY DIGITAL. ACEDIDO EM: MARÇO DE 2019, EM: <https://www.energydigital.com/renewable-energy/singapores-housing-board-explore-floating-solar-panels-diversify-energy-mix>.

CLEMENTE, A. SOUZA, A (2001). DECISÕES FINANCEIRAS E ANÁLISES DE INVESTIMENTOS: FUNDAMENTOS, TÉCNICAS E APLICAÇÕES. 4ª EDIÇÃO. ATLAS S.A. SÃO PAULO.

CRESESB. CEPEL. PINTO, JOÃO. ANTÔNIO GALDINO, ANTÔNIO. (2014). MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. CEPEL. RIO DE JANEIRO.

DB CITY (2019). LOCALIZAÇÃO DE GRAVATÁ. ACEDIDO EM: JUNHO DE 2019, EM: [HTTPS://PT.DB-CITY.COM/BRASIL--PERNAMBUCO--GRAVAT%C3%A1](https://pt.db-city.com/BRASIL--PERNAMBUCO--GRAVAT%C3%A1).

DB CITY (2019). LOCALIZAÇÃO DO RECIFE. ACEDIDO EM: JUNHO DE 2019, EM: [HTTPS://PT.DB-CITY.COM/BRASIL--PERNAMBUCO--RECIFE](https://pt.db-city.com/BRASIL--PERNAMBUCO--RECIFE).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2018). MATRIZ ENERGÉTICA E ELÉTRICA DO BRASIL. ACEDIDO EM FEVEREIRO DE 2019, EM: [HTTP://WWW.EPE.GOV.BR/PT/ABCDENERGIA/MATRIZ-ENERGETICA-E-ELETRICA](http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica).

FINNERTY, JOHN. TRIESCHMANN, CARLOS (TRADUÇÃO DE). (1999). PROJECT FINANCE: ENGENHARIA FINANCEIRA BASEADA EM ATIVOS. QUALITYMARK. RIO DE JANEIRO.

JUNCO, M. (2018). *SOLAR IN 2018: BETTER TECHNOLOGY, RECORD-BREAKING INSTALLATIONS. RENEWABLE ENERGY WORLD*. ACEDIDO EM: ABRIL, 2019, EM: [HTTPS://WWW.RENEWABLEENERGYWORLD.COM/ARTICLES/PRINT/VOLUME-21/ISSUE-1/FEATURES/SOLAR/SOLAR-IN-2018-BETTER-TECHNOLOGY-RECORD-BREAKING-INSTALLATIONS.HTML](https://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-21/issue-1/features/solar/solar-in-2018-better-technology-record-breaking-installations.html).

LEAL, I. M. A. (2013). PROJETO DE ESTÁGIO. ANÁLISE DE RÁCIOS FINANCEIROS E A SUA INFLUÊNCIA NA CONCESSÃO DE DESCONTOS AOS LOJISTAS, UNIVERSIDADE DO PORTO.

LINS, L. (2018). ANEEL APROVA AUMENTO MÉDIO DE 8,89% NAS CONTAS DE LUZ DE PERNAMBUCO. G1. ACEDIDO EM: FEVEREIRO. 2019, EM: [HTTPS://G1.GLOBO.COM/ECONOMIA/NOTICIA/CONTA-DE-LUZ-ACUMULA-ALTA-MEDIA-DE-315-ENTRE-2014-E-2017-DIZ-ESTUDO.GHTML](https://g1.globo.com/economia/noticia/conta-de-luz-acumula-alta-media-de-315-entre-2014-e-2017-diz-estudo.ghtml).

LAYLIN, T. (2014). MASSIVE SOLAR PANEL FACTORY OPENS IN QATAR, LONG OVERDUE. GREEN PROPHET. ACEDIDO EM: MAIO DE 2019, EM: [HTTPS://WWW.GREENPROPHET.COM/2014/06/MASSIVE-SOLAR-FACTORY-QATAR](https://www.greenprophet.com/2014/06/massive-solar-factory-qatar).

MARQUEZAN, LUÍZ. (2006). ANÁLISE DE INVESTIMENTOS. REVISTA ELETRÔNICA DE CONTABILIDADE. VOL. III. Nº1. ACEDIDO EM: JUNHO DE 2019, EM: [HTTPS://PERIODICOS.UFSM.BR/CONTABILIDADE](https://periodicos.ufsm.br/contabilidade).

NARUTO, TEIKO. (2017). VANTAGENS E DESVANTAGENS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA. UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA. RIO DE JANEIRO.

NISKIER, JÚLIO. (2015). MANUAL DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS. 2ª EDIÇÃO. LTC. RIO DE JANEIRO.

PATNY SYSEMS. (2019). SOLAR MODULE MOUNTING STRUCTURE MANUFACTURES. ACEDIDO EM: MAIO DE 2019, EM: [HTTP://WWW.PATNYSYSTEMS.COM/SOLAR-STRUCTURE/SOLAR-MODULE-MOUNTING-STRUCTURE-MANUFACTURES](http://www.patnysystems.com/solar-structure/solar-module-mounting-structure-manufactures).

PEREIRA, ENIO. MARTINS, FERNANDO. DE ABREU, LUNA. RÜTHER, RICARDO. (2006). ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR. INPE. SÃO JOSÉ DOS CAMPOS.

PIZARRO, L. (2018). MINAS GERAIS LIDERA A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL. O TEMPO. ACEDIDO EM: JUN DE 2019 EM: [HTTPS://WWW.OTEMPO.COM.BR/ECONOMIA/MINAS-GERAIS-LIDERA-A-GERACAO-DE-ENERGIA-SOLAR-NO-BRASIL-1.2087796](https://www.otempo.com.br/economia/minas-gerais-lidera-a-geracao-de-energia-solar-no-brasil-1.2087796).

PORTAL ELETRICISTA (2016). DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO PARA INSTALAÇÃO ELÉTRICAS RESIDENCIAIS. ACEDIDO EM: MARÇO DE 2019, EM: [HTTPS://WWW.PORTALELETRICISTA.COM.BR](https://www.portaleletricista.com.br).

REIS, P (2018). COMO ESCOLHER O MELHOR INVERSOR SOLAR PARA MINHA CASA. PORTAL ENERGIAS RENOVÁVEIS. ACESSO EM: MAIO DE 2019, EM: [HTTPS://WWW.PORTAL-ENERGIA.COM/COMO-ESCOLHER-O-MELHOR-INVERSOR-PARA-O-SISTEMA-SOLAR-DA-MINHA-CASA](https://www.portal-energia.com/como-escolher-o-melhor-inversor-para-o-sistema-solar-da-minha-casa).

RENEWABLE (2018). PRINCESS ELISABETH, ANTARCTICA. ACEDIDO EM: MARÇO DE 2019, EM: [HTTP://WWW.GO100PERCENT.ORG/CMS/INDEX.PHP?ID=70&TX\\_TTNEWS\[TT\\_NEWS\]=127](http://www.go100percent.org/cms/index.php?id=70&tx_ttnews[tt_news]=127).

RESENDE, C. (2019). COMO FUNCIONA SISTEMAS OFF-GRID. ACEDIDO EM: MARÇO DE 2019, EM: [HTTPS://SHAREENERGY.COM.BR/COMO-FUNCIONAM-OS-SISTEMAS-FOTOVOLTAICOS-OFF-GRID](https://shareenergy.com.br/como-funcionam-os-sistemas-fotovoltaicos-off-grid).

RÜTHER, RICARDO. (2004). EDIFÍCIOS SOLARES FOTOVOLTAICOS: O POTENCIAL DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA INTEGRADA A EDIFICAÇÕES URBANAS E INTERLIGADA À REDE ELÉTRICA PÚBLICA NO BRASIL. LABSOLAR. FLORIANÓPOLIS.

SANTOS, EDNO. (2001). ADMINISTRAÇÃO FINANCEIRA DA PEQUENA E MÉDIA EMPRESA. ATLAS. SÃO PAULO.

SATRIX (2019). ENERGIA SOLAR/TECNOLOGIA. ACEDIDO EM: MARÇO DE 2019, EM: [HTTP://WWW1.SATRIX.COM.BR/SATRIX/TECNOLOGIA/INDEX.HTML](http://www1.satrix.com.br/satrix/tecnologia/index.html).

SAUAIA, RODRIGO. (2018). GERAÇÃO DISTRIBUÍDA SOLAR FOTOVOLTAICA: BENEFÍCIOS LÍQUIDOS AO BRASIL. ABSOLAR. BRASILIA.

SIQUEIRA LUCIANA. (2013). VIABILIDADE DA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS POR UM SISTEMA COMPOSTO POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE. UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA. RIO DE JANEIRO.

SOARES, I. MOREIRA, J. PINHO, C. & COUTO, J. (2008). DECISÕES DE INVESTIMENTO - ANÁLISE FINANCEIRA DE PROJETOS. SÍLADO LDA. LISBOA.

SOLARGIS. (2019). IMAPS. ACEDIDO EM: MAIO, EM: [HTTPS://SOLARGIS.INFO/IMAPS](https://solargis.info/imaps).

SOUZA, ACILON. (2003). PROJETOS DE INVESTIMENTOS DE CAPITAL: ELABORAÇÃO, ANÁLISE E TOMADA DE DECISÃO. ATLAS. SÃO PAULO.

SUNDATA (2019). POTENCIAL SOLAR. CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO. ACEDIDO EM: JUNHO DE 2019, EM: [HTTP://WWW.CRESESB.CEPEL.BR/INDEX.PHP?SECTION=SUNDATA&](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&).

SHAREAMERICA. (2016). ILHA AMERICANA NO PACÍFICO DO SUL ADOTA A ENERGIA SOLAR. ACEDIDO EM: JUNHO DE 2019, EM: [HTTPS://SHARE.AMERICA.GOV/PT-BR/U-S-ISLAND-SOUTH-PACIFIC-GOES-SOLAR](https://share.america.gov/pt-br/u-s-island-south-pacific-goes-solar).

SVARC, J. (2019). TOP 10 SOLAR PANELS – LATEST TECHNOLOGY. ACEDIDO EM: MAIO DE 2019, EM: [HTTPS://WWW.CLEANENERGYREVIEWS.INFO/BLOG/2017/9/11/BEST-SOLAR-PANELS-TOP-MODULES-REVIEW](https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2017/9/11/best-solar-panels-top-modules-review).

THE SOLAR PLANNER. (2013). PHOTOVOLTAIC TUTORIAL: OPTIMUM ARRAY ORIENTATION AND PLACEMENT. ACEDIDO EM: ABRIL DE 2019, EM: [HTTPS://WWW.THESOLARPLANNER.COM/ARRAY\\_PLACEMENT.HTML](https://www.thesolarplanner.com/array_placement.html).

VILLALVA, MARCELO. (2015). ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: CONCEITOS E APLICAÇÕES. 2ª EDIÇÃO. ÉRICA. SÃO PAULO.

WEHRMANN, B. (2018). SOLAR POWER IN GERMANY – OUTPUT, BUSINESS & PERSPECTIVES. CLEAN ENERGY WIRE. ACEDIDO EM: MAIO DE 2019, EM: [HTTPS://WWW.CLEANENERGYWIRE.ORG/FACTSHEETS/SOLAR-POWER-GERMANY-OUTPUT-BUSINESS-PERSPECTIVES](https://www.cleanenergywire.org/factsheets/solar-power-germany-output-business-perspectives).



**ANEXOS**



8 Anexos



**375W PERC Module**  
JAM72S01 355-375/PR Series

**Introduction**

Powered by high-efficiency PERCUM cells, this series of high-performance modules provides the most cost-effective solution for lowering the LCOE of any PV systems large or small.



5 busbar solar cell design



Higher output power



Excellent low-light performance



Lower temperature coefficient

**Superior Warranty**

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

**Comprehensive Certificates**

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC TS 62804, IEC 61701, IEC 62716, IEC 60068-2-68
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval





www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests  
JA Solar reserves the right of final interpretation.





JAM72S01 355-375/PR Series

**MECHANICAL DIAGRAMS**



Integrated junction box      Split junction box

Remark: customized frame color and cable length available upon request

**SPECIFICATIONS**

Cell	Mono
Weight	22kg±3%
Dimensions	1960mm×991mm×40mm
Cable Cross Section Size	4mm²
No. of cells	72(6x12)
Junction Box	IP67, 3 diodes
Connector	MCA Compatible(1000V) QC 4-10-35(1000V)
Packaging Configuration	27 Per Pallet

**ELECTRICAL PARAMETERS AT STC**

TYPE	JAM72S01 -355/PR	JAM72S01 -360/PR	JAM72S01 -365/PR	JAM72S01 -370/PR	JAM72S01 -375/PR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	355	360	365	370	375
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	47.45	47.66	47.93	48.18	48.45
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	38.76	38.96	39.21	39.45	39.75
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.69	9.81	9.85	9.91	9.98
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.16	9.24	9.31	9.38	9.44
Module Efficiency [%]	19.3	19.5	19.8	19.9	20.1
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(β_Isc)	+0.060%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β_Voc)	-0.300%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(β_Pmp)	-0.380%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

**ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT**

TYPE	JAM72S01 -355/PR	JAM72S01 -360/PR	JAM72S01 -365/PR	JAM72S01 -370/PR	JAM72S01 -375/PR
Rated Max Power(Pmax) [W]	261	265	268	272	276
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	43.88	44.10	44.33	44.55	44.81
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35.81	36.03	36.25	36.50	36.75
Short Circuit Current(Isc) [A]	7.68	7.74	7.80	7.86	7.91
Max Power Current(Imp) [A]	7.29	7.34	7.40	7.45	7.50
NOCT	Irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G				

**OPERATING CONDITIONS**

Maximum System Voltage	1000V/1500V DC(IEC)
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load Front	5400Pa
Maximum Static Load Back	2400Pa
NOCT	45±2°C
Application Class	Class A

**CHARACTERISTICS**

Current-Voltage Curve JAM72S01-355/PR



Power-Voltage Curve JAM72S01-355/PR



Current-Voltage Curve JAM72S01-355/PR



Premium Cells, Premium Modules

Version No.: Global\_EH\_20180525A

Figura 30 – Datasheet módulo fotovoltaico

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UM EMPREENDIMENTO COMERCIAL.

FELIPE FARIAS MENELAU DE ALMEIDA

# SUNGROW

## SG60KTL

String Inverter



### High Yield

- Max. efficiency 98.9 %, European efficiency 98.7 %
- Long-term overload at 1.1 Pn
- Full power operation without derating at 50 °C



### Saved Investment

- Max. DC/AC ratio up to 1.4
- Integrated DC combiner box and DC/AC overvoltage protection



### Easy O&M

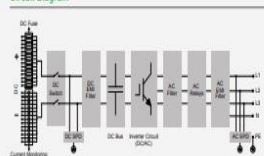
- Compact design and light weight for easy installation
- Plug-in design of fan and SPD, convenient for on-site maintenance
- Integrated string current monitoring function for fast trouble shooting



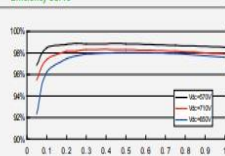
### Grid Support

- Compliance with standards: IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, VDE0128-1-1, G59/3, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4120, BDEW
- Low/high voltage ride through (LHV/VRT)
- Active & reactive power control and power ramp rate control

Circuit Diagram



Efficiency Curve



© 2017 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved.  
Subject to change without Notice. Version#1.0

26

# SUNGROW

## SG60KTL

### Input (DC)

Max. PV input voltage	1000 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	570 V / 620 V
Nominal input voltage	710 V
MPP voltage range	570 - 950 V
MPP voltage range for nominal power	570 - 950 V
No. of independent MPP inputs	1
Max. number of PV strings per MPPT	14
Max. PV input current	120 A
Max. current for input connector	12 A
Max. DC short-circuit current	140 A

### SG60KTL

### Output (AC)

Nominal AC power (at 50 °C)	60000 W
Max. AC output at PF=1 (at 45 °C)	66000 W
Max. AC apparent power (at 45 °C)	66000 VA
Max. AC output current	96 A
Nominal AC voltage	3 / N / PE or 3 / PE, 230 / 400 V
AC voltage range	310 - 480 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 - 55 Hz, 60 Hz / 55 - 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.9 leading - 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3

### Efficiency

Max. efficiency / Euro. efficiency	98.9 % / 98.7 %
------------------------------------	-----------------

### Protection

DC reverse connection protection	Yes
AC short-circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
DC switch / AC switch	Yes / No
DC fuse	DC positive fuses (15A)
PV string current monitoring	Yes
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type III

### General Data

Dimensions (W*H*D)	634*559*287 mm
Weight	80 kg
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP65
Night power consumption	< 1 W
Operating ambient temperature range	-25 to 60 °C (> 50 °C derating)
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 - 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display / Communication	Graphic LCD / RS485
DC connection type	MC4 (Max. 6mm <sup>2</sup> )
AC connection type	Screw clamp terminal (Max. 95 mm <sup>2</sup> )
Compliance	CEA, IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE0128-1-1, G59/3, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4120, BDEW, IEC 61000-3-11/-12, EN 50438, UTE C 15-712-1/07.13

### Grid support

LV/RT, HV/RT, active & reactive power control and power ramp rate control

### Type designation

SG60KTL-182

© 2017 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved.  
Subject to change without Notice. Version#1.0



Figura 31 – Datasheet do inversor

Tabela 22 – Cash flow do projeto parte 1.

Ano	0	1	2	3	4	5	6
<b>Saídas</b>							
Serviços de manutenção							
Troca dos inversores		0	0	0	0	0	0
Custo energia elétrica do empreendimento		-R\$ 30.873,21	-R\$ 941,74	-R\$ 1.021,50	-R\$ 1.108,02	-R\$ 1.201,87	-R\$ 1.303,67
<b>Investimento do sistema fotovoltaico</b>							
Custo dos módulos fotovoltaicos (175 uni)	-R\$ 258.118,90						
Custo do Inversor (1 uni)	R\$ 140.000,00						
Custos estruturas de fixação	R\$ 60.000,00						
Custos de serviços de instalação e logística	R\$ 53.118,90						
	R\$ 5.000,00						
<b>Total de saídas</b>	<b>-R\$ 258.118,90</b>	<b>-R\$ 30.873,21</b>	<b>-R\$ 941,74</b>	<b>-R\$ 1.021,50</b>	<b>-R\$ 1.108,02</b>	<b>-R\$ 1.201,87</b>	<b>-R\$ 1.303,67</b>
<b>Saídas atualizadas</b>	<b>-R\$ 258.118,90</b>	<b>-R\$ 26.846,27</b>	<b>-R\$ 712,09</b>	<b>-R\$ 671,65</b>	<b>-R\$ 633,52</b>	<b>-R\$ 597,54</b>	<b>-R\$ 563,61</b>
	<b>-R\$ 313.382,10</b>						
<b>Energia gerada anualmente</b>							
		R\$ 65.596,98	R\$ 86.253,65	R\$ 93.559,33	R\$ 101.483,81	R\$ 110.079,49	R\$ 119.403,22
<b>Energia Atualizada</b>	<b>R\$ 923.244,41</b>	<b>R\$ 57.040,85</b>	<b>R\$ 65.220,15</b>	<b>R\$ 61.516,78</b>	<b>R\$ 58.023,70</b>	<b>R\$ 54.728,96</b>	<b>R\$ 51.621,31</b>
<b>Fluxo de Caixa Anual</b>	<b>-R\$ 258.118,90</b>	<b>R\$ 34.723,77</b>	<b>R\$ 85.311,91</b>	<b>R\$ 92.537,83</b>	<b>R\$ 100.375,79</b>	<b>R\$ 108.877,62</b>	<b>R\$ 118.099,55</b>
Taxa de atualização	1	0,869565217	0,756143667	0,657516232	0,571753246	0,497176735	0,432327596
<b>Fluxo de Caixa Anual Atualizado</b>	<b>-R\$ 258.118,90</b>	<b>R\$ 30.194,58</b>	<b>R\$ 64.508,06</b>	<b>R\$ 60.845,13</b>	<b>R\$ 57.390,18</b>	<b>R\$ 54.131,42</b>	<b>R\$ 51.057,69</b>
<b>Fluxo de Caixa Anual Acumulado</b>	<b>-R\$ 258.118,90</b>	<b>-R\$ 227.924,32</b>	<b>-R\$ 163.416,25</b>	<b>-R\$ 102.571,13</b>	<b>-R\$ 45.180,94</b>	<b>R\$ 8.950,47</b>	<b>R\$ 60.008,17</b>

Tabela 23 – Cash flow do projeto parte 2.

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			-R\$ 1.500,00						
0	0	0	-R\$ 60.000,00	0	0	0	0	0	0
-R\$ 1.414,09	-R\$ 1.533,87	-R\$ 1.663,78	-R\$ 1.804,71	-R\$ 1.957,56	-R\$ 2.123,37	-R\$ 2.303,22	-R\$ 2.498,30	-R\$ 2.709,91	-R\$ 2.939,44

-R\$ 1.414,09	-R\$ 1.533,87	-R\$ 1.663,78	-R\$ 63.304,71	-R\$ 1.957,56	-R\$ 2.123,37	-R\$ 2.303,22	-R\$ 2.498,30	-R\$ 2.709,91	-R\$ 2.939,44
-R\$ 531,61	-R\$ 501,42	-R\$ 472,95	-R\$ 15.647,96	-R\$ 420,77	-R\$ 396,87	-R\$ 374,34	-R\$ 353,08	-R\$ 333,03	-R\$ 314,12
R\$ 129.516,67	R\$ 140.486,74	R\$ 152.385,96	R\$ 165.293,05	R\$ 179.293,37	R\$ 194.479,52	R\$ 210.951,94	R\$ 228.819,57	R\$ 248.200,59	R\$ 269.223,18
R\$ 48.690,11	R\$ 45.925,36	R\$ 43.317,60	R\$ 40.857,91	R\$ 38.537,90	R\$ 36.349,61	R\$ 34.285,59	R\$ 32.338,76	R\$ 30.502,48	R\$ 28.770,47
R\$ 128.102,58	R\$ 138.952,87	R\$ 150.722,18	R\$ 101.988,35	R\$ 177.335,81	R\$ 192.356,15	R\$ 208.648,72	R\$ 226.321,27	R\$ 245.490,68	R\$ 266.283,74
0,37593704	0,326901774	0,284262412	0,247184706	0,214943223	0,18690715	0,162527957	0,141328658	0,122894485	0,10686477
R\$ 48.158,51	R\$ 45.423,94	R\$ 42.844,65	R\$ 25.209,96	R\$ 38.117,13	R\$ 35.952,74	R\$ 33.911,25	R\$ 31.985,68	R\$ 30.169,45	R\$ 28.456,35
R\$ 108.166,67	R\$ 153.590,61	R\$ 196.435,26	R\$ 221.645,22	R\$ 259.762,35	R\$ 295.715,09	R\$ 329.626,34	R\$ 361.612,02	R\$ 391.781,47	R\$ 420.237,82

Tabela 24 – Cash flow do projeto parte 3.

17	18	19	20	21	22	23	24	25
			-R\$ 1.500,00					
0	0	0	-R\$ 60.000,00	0	0	0	0	0
-R\$ 3.188,41	-R\$ 3.458,47	-R\$ 3.751,40	-R\$ 4.069,14	-R\$ 4.413,80	-R\$ 4.787,65	-R\$ 5.193,16	-R\$ 5.633,02	-R\$ 6.110,14
-R\$ 3.188,41	-R\$ 3.458,47	-R\$ 3.751,40	-R\$ 65.569,14	-R\$ 4.413,80	-R\$ 4.787,65	-R\$ 5.193,16	-R\$ 5.633,02	-R\$ 6.110,14
-R\$ 296,29	-R\$ 279,46	-R\$ 263,59	-R\$ 4.006,29	-R\$ 234,51	-R\$ 221,19	-R\$ 208,63	-R\$ 196,79	-R\$ 185,61
R\$ 292.026,38	R\$ 316.761,01	R\$ 343.590,67	R\$ 372.692,80	R\$ 404.259,88	R\$ 438.500,69	R\$ 475.641,70	R\$ 515.928,55	R\$ 559.627,70
R\$ 27.136,81	R\$ 25.595,91	R\$ 24.142,51	R\$ 22.771,63	R\$ 21.478,60	R\$ 20.258,99	R\$ 19.108,63	R\$ 18.023,59	R\$ 17.000,17
R\$ 288.837,97	R\$ 313.302,55	R\$ 339.839,27	R\$ 307.123,66	R\$ 399.846,08	R\$ 433.713,04	R\$ 470.448,54	R\$ 510.295,53	R\$ 553.517,56
0,092925887	0,080805119	0,070265321	0,061100279	0,053130677	0,046200589	0,040174425	0,034934283	0,030377637
R\$ 26.840,52	R\$ 25.316,45	R\$ 23.878,92	R\$ 18.765,34	R\$ 21.244,09	R\$ 20.037,80	R\$ 18.900,00	R\$ 17.826,81	R\$ 16.814,56
R\$ 447.078,35	R\$ 472.394,80	R\$ 496.273,71	R\$ 515.039,05	R\$ 536.283,15	R\$ 556.320,95	R\$ 575.220,95	R\$ 593.047,75	R\$ 609.862,31